Bernhard Berking | Werner Huth (Hrsg.)

HANDBUCH **Nautik**

Navigatorische Schiffsführung

2. Auflage

Seehafen Verlag

eBOOK INSIDE

WÄRTSILÄ CONNECTS THE DOTS

Wärtsilä's scope now covers the full integration of all kinds of Electrical & Automation systems – from bridge to propeller. The Wärtsilä NACOS Platinum system represents a unique combination of control systems for navigation, automation and dynamic positioning, as well as power and propulsion. By integrating all these functions into a single system, the vessel can be navigated, controlled, and monitored from various onboard positions. The truly multi-functional operator stations enable unequalled flexibility and convenience. Wärtsilä connects the dots – to make you more competitive. Read more at www.wartsila.com

WÄRTSILÄ

Global Rail Acade… …tte urheberrecht… …sagt

E-Book inside

Registrieren Sie sich unter:

www.schiffundhafen.de/nau-ebook

und nutzen Sie dieses Werk gratis als E-Book.

Der Download dieses Buches als E-Book unterliegt gesetzlichen Bestimmungen.

© 2016 DVV Media Group GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Keine unerlaubte Weitergabe oder Vervielfältigung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

HANDBUCH **Nautik**

Navigatorische Schiffsführung

2. Auflage

Herausgeber
Prof. Dr. Bernhard Berking
Kapitän Prof. Werner Huth

Autoren
Michael Bergmann, MBA
Prof. Dr. Bernhard Berking
Prof. Ralf Brauner
Kapitän Hans-Heinrich Callsen-Bracker
Kapitän Hartmut H. Hilmer
Kapitän Prof. Werner Huth
Prof. Dr.-Ing. Holger Korte
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Majohr
Dipl.-Ing. Florian Motz
Dipl.-Ing. Ralf-Dieter Preuß
Dipl.-Ing. Jochen Ritterbusch
Prof. Günter Schmidt
Kapitän Sven Stemmler
Prof. Dr. Christoph Wand
Prof. Dr. Ralf Wandelt
Prof. Hanno Weber
Kapitän Dipl.-Ing. (FH) Gert Weißflog
Dipl.-Ing. Stefan Wessels (StD)
Dipl.-Ing. (FH) Kapitän Matthias Wilhelm

Seehafen Verlag

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar.

Verlag:	DVV Media Group GmbH I Seehafen Verlag Nordkanalstr. 36 20097 Hamburg Telefon: +49 (0)40 - 237 14 02 Telefax: +49 (0)40 - 237 14 236 E-Mail: seehafen-verlag@dvvmedia.com Internet: www.schiffundhafen.de, www.dvvmedia.com
Lektorat und Herstellungskoordination:	Dr. Bettina Guiot (verantw.), Anita Dahlinger
Anzeigen:	Nadine Fliß (verantw.)
Vertrieb und Buchservice:	Markus Kukuk
Umschlaggestaltung:	Simone Henneken
Titelbild:	Monty Rakusen/Getty Images
Satz & Druck:	TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2016 DVV Media Group GmbH, Hamburg

2., komplett überarbeitete Auflage 2016
ISBN 978-3-87154-554-2

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation der DVV Media Group

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **9**

1 Schiffsführung und Organisation des Brückenteams **11**

1.1 *Bridge Resource Management (BRM)* **11**
1.1.1 Grundlagen 11
1.1.2 Definitionen 12
1.1.3 Zielstellung und Prinzipien des BRM 12
1.1.4 Verantwortung des Kapitäns 14
1.1.5 Checklisten 14
1.1.6 Vermeidung von Fehlerketten als Ursache von Unfällen 14
1.1.7 Struktur und Aufgaben des BRM 16

1.2 Reiseplanung **19**
1.2.1 Rechtliche Vorgaben 19
1.2.2 Typische Unfallsituationen 26
1.2.3 Die praktische Umsetzung der Richtlinien für die Reiseplanung an Bord 28

1.3 Navigieren mit einem Lotsen an Bord **35**

1.4 Maßnahmen entsprechend den Regeln guter Seemannschaft **38**

2 Konventionelle Navigation **42**

2.1 Terrestrische Navigation **42**
2.1.1 Leuchtfeuer und Seezeichen 42
2.1.2 Karten und Koordinaten 46
2.1.3 Besteck- und Großkreisrechnung 51
2.1.4 Kurse und Kursbeschickung 60
2.1.5 Terrestrische Ortsbestimmung 68
2.1.6 Gezeiten und Gezeitenströme 74
2.1.7 Nautische Publikationen 86

2.2 Astronomische Navigation **91**
2.2.1 Grundlagen 91
2.2.2 Astronomische Ortsbestimmung 94
2.2.3 Astronomische Kompasskontrolle 102

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

3 Navigationssensoren 104

3.1 Elektronische Positionssensoren 104
3.1.1 GPS – Prinzip und charakteristische Parameter 104
3.1.2 GPS – Empfänger und Empfängerbedienung 107
3.1.3 GPS – Genauigkeit, Grenzen und Fehler 109
3.1.4 Weitere Navigationsverfahren: GALILEO, GLONASS, Beidou, LORAN-C 115

3.2 Kursmessung 117
3.2.1 Kreiselkompassanlagen 117
3.2.2 Magnetkompasse 124
3.2.3 Weitere Kursmessanlagen 126

3.3 Tiefen- und Fahrtmessung 129
3.3.1 Hydroakustische Grundlagen 129
3.3.2 Tiefenmessanlagen (Navigations-Echolote) 130
3.3.3 Doppler-Fahrtmessanlagen (Dopplerlog) 133
3.3.4 Elektromagnetische Fahrtmessanlagen (EM-Log, Induktionslog) 135
3.3.5 Weitere Fahrtmessanlagen 137

4 Systeme mit grafischen Displays: ECDIS, Radar und AIS 138

4.1 ECDIS 138
4.1.1 Prinzip, Komponenten und Funktionsweise 138
4.1.2 Zulassung und Vorschriften, Papierseekartenersatz 140
4.1.3 Elektronische Kartendaten 142
4.1.4 ECDIS-Funktionen (Übersicht) 148
4.1.5 Funktionen zur Kartendarstellung 149
4.1.6 Funktionen zur Reiseplanung 154
4.1.7 Funktionen zur Reiseüberwachung (*Route Monitoring*) 156
4.1.8 Überlagerung von Radarbild und elektronischer Seekarte 160
4.1.9 ECDIS: Kompetenz, Kommunikation, Brückenprozeduren 161
4.1.10 ECDIS Training 162

4.2 Radar 163
4.2.1 Grundlagen und Aufgabe des Radars 163
4.2.2 Radarziele und ihre Darstellung 168
4.2.3 Bedienelemente und optimale Bildeinstellung 179
4.2.4 Radarnavigation 185
4.2.5 Radarbildauswertung zur Kollisionsverhütung 189
4.2.6 Automatische Zielverfolgung (*Target Tracking*) 200
4.2.7 Weitere Anzeigen im Radarbild 208

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.3 Automatic Identification System (AIS) 210
4.3.1 Prinzip und Technische Realisierung 210
4.3.2 Installation und Inbetriebnahme 211
4.3.3 Inhalt der AIS-Aussendungen 213
4.3.4 Bordbetrieb und Bedienung des AIS 214
4.3.5 Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen von AIS 216
4.3.6 Nutzung von AIS-Informationen zur Navigation 219
4.3.7 Weitere Anwendungen 219
4.3.8 *Long Range Identification and Tracking* (LRIT) 221

5 Kurs- und Bahnregelung 222

5.1 Kursregelung *(Heading control)* 222
5.1.1 Wirkungsweise der automatischen Kursregelung und charakteristische Parameter 222
5.1.2 Betriebsarten und Bedienung von Kursreglern 226
5.1.3 Leistungsmerkmale und -grenzen der automatischen Kursregelung 229

5.2 Bahnregelung *(Track control)* 230
5.2.1 Wirkungsweise der automatischen Bahnregelung und charakteristische Parameter 230
5.2.2 Betriebsarten und Bedienung von Bahnregelungssystemen 232
5.2.3 Leistungen und Leistungsgrenzen 237

6 Übergreifende Systeme 238

6.1 Integrierte Navigationssysteme (INS) und *Alert Management* 238
6.1.1 Integrierte Navigationssysteme (INS) 238
6.1.2 *Alert Management* 242
6.1.3 Ersatz von Einzelgeräten durch INS 244

6.2 E-Navigation 245
6.2.1 Vision, Ziele und Möglichkeiten 245
6.2.2 Realisierungsaktivitäten von e-Nav 246

6.3 Schiffsdatenschreiber (VDR) 248
6.3.1 Aufgabe und Wirkungsweise 248
6.3.2 Bedienung von Schiffsdatenschreibern 251

7 Dynamische Positionierungssysteme 253

7.1 Einsatzbereich und Aufgaben 253

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

7.2 Einteilung in DP-Klassen und Ausrüstungsanforderung 254

7.3 Spezielle Sensoren und Positionsreferenzsysteme 255

7.4 Betriebsmodi 256

7.5 Spezielle DP-Funktionen 257

7.6 Bewegungsmodell, Regelung und Kalman-Filter 259

7.6.1 Bewegungsmodell 260

7.6.2 Regelungsstruktur 260

7.6.3 Kalman-Filter 262

7.7 Anwendungsbeispiel und Risiken 263

8 Meteorologie und Grundlagen der Ozeanografie 264

8.1 Grundlagen der Meteorologie 264

8.1.1 Luftdruck 264

8.1.2 Wind 265

8.1.3 Lufttemperatur 269

8.1.4 Luftfeuchte 270

8.1.5 Nebel 271

8.1.6 Wolken 272

8.2 Allgemeine Zirkulation und Westwinddrift 273

8.2.1 Tiefdruckgebiete an der Polarfront 274

8.2.2 Wettergeschehen um ein ideales Tief 277

8.2.3 Trog 280

8.2.4 Randtief und Teiltief 280

8.2.5 Hochdruckgebiete 282

8.2.6 Regionale Windsysteme 284

8.2.7 Kap-, Düseneffekt und Küstenführung 286

8.2.8 Wettererscheinungen an Küsten 287

8.2.9 Gewitter und Wasserhosen 288

8.2.10 Land-Seewind-Zirkulation 290

8.3 Wetter der Tropen 291

8.3.1 Intertropische Konvergenzzone 291

8.3.2 Passate 291

8.3.3 Monsunzirkulation 292

8.3.4 Tropische Wirbelstürme 293

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

8.4 Wetter der Polarregionen 294
8.4.1 *Polar Lows* 294
8.4.2 Katabatische Winde 295
8.4.3 Meteorologische Gefahren in Polarregionen 295

8.5 Wetterinformationen 296
8.5.1 Wetterbeobachtungen 296
8.5.2 Wetterkarten 297
8.5.3 Wetterwarnungen/GMDSS 299
8.5.4 Wetterberichte 300
8.5.5 GRIB-Daten 300
8.5.6 Routingservice 301

8.6 Grundlagen der Ozeanografie 302
8.6.1 Seegang 302
8.6.2 Meeresströmungen 307
8.6.3 Gezeitenströme 310
8.6.4 Meereis 312

8.7 Tropische Wirbelstürme 317
8.7.1 Entstehung 317
8.7.2 Anzeichen für die Annäherung eines tropischen Wirbelsturms 319
8.7.3 Jahreszeitliches Auftreten und Zugbahnen 320
8.7.4 Warnungen vor Wirbelstürmen 321
8.7.5 Ausweichmanöver vor tropischen Wirbelstürmen 323

8.8 Meteorologische Reiseplanung 325

8.9 Wetter-Routing und wirtschaftliches Fahren 327

9 Seeverkehrsrecht 330

9.1 Verordnung zu den KVR 330

9.2 Einleitung zu den KVR 332

9.3 Allgemeine Regeln (Regel 1 bis 3 KVR) 334

9.4 Ausweich- und Fahrregeln (Regel 4 bis 10 KVR) 338

9.5 Ausweich- und Fahrregeln (Regel 11 bis 18 KVR) 345

9.6 Verhalten von Fahrzeugen bei verminderter Sicht (Regel 19 KVR) 351

9.7 Sichtzeichen und Schallsignale der KVR (Auszug) 355

9.8 Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO) 359

9.9 Sichtzeichen und Schallsignale der SeeSchStrO (Auszug) 369

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

10 Telekommunikation 371

10.1 Betrieb des mobilen Seefunkdienstes 371

10.1.1 Funkausrüstungspflicht und Funkpersonal für Seeschiffe 371

10.1.2 Funkstellen, Zuteilung von Nummern 373

10.1.3 Organisation des Funkbetriebs an Bord 374

10.2 Mobile Seefunkeinrichtungen – Funktechnik 377

10.2.1 *VHF-, MF-* und *HF*-Seefunkgeräte 377

10.2.2 *Inmarsat*-Schiffs-Erdfunkstellen 379

10.2.3 *EPIRBs, SARTs, NAVTEX-* und *EGC*-Empfänger 380

10.3 Sprechfunkdienst 382

10.3.1 Vorbereitung des Funkverkehrs – Funkanruf 382

10.3.2 *IMO SMCP* und Internationales Signalbuch (ISB) 383

10.3.3 Anruf und Verkehrsabwicklung 385

10.3.4 Not- und Sicherheitsverkehr im *VHF*-Bereich 388

10.4 Weltweites Seenot- und Sicherheitsfunksystem (*GMDSS*) 395

10.4.1 Grundelemente des *GMDSS* 395

10.4.2 Seegebiete und Teilsysteme des *GMDSS* 396

10.4.3 GMDSS-Betrieb an Bord: Funktionen und Alarme 401

11 Maritime Verkehrsdienste 415

11.1 Vessel Traffic Service (VTS) – Maritime Verkehrssicherung 415

11.1.1 Verkehrszentralen 415

11.1.2 Arbeitsweise der Verkehrszentralen 416

11.2 Portable Pilot Unit 421

11.2.1 Aufgaben und Funktionen der PPU 421

11.2.2 Systemkomponenten 422

11.2.3 Erfahrungen, Vor- und Nachteile und Gefahren durch PPUs 424

Das Autorenteam 427

Abkürzungsverzeichnis 433

Literaturverzeichnis 443

Stichwortverzeichnis 449

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Vorwort

Handbücher stellen ein wertvolles Instrument für die Schiffsführung dar. In erster Linie dienen sie als Informationsquelle, Nachschlagewerk und Entscheidungshilfe im Bordbetrieb. Sie bieten dem Nautiker – auf der Grundlage von Erfahrungen und technischem Verständnis – Problemlösungen und Verhaltensrichtlinien für den praktischen Betrieb und die Möglichkeit, Informationslücken zu schließen.

Das im Jahr 2010 erschienene „Handbuch Nautik – Navigatorische Schiffsführung" ist zu einem Standardwerk der Navigation geworden. Die vorliegende 2. Auflage befasst sich ausführlich und fundiert mit allen für den navigatorischen Schiffsführungsprozess notwendigen Wissensbereichen: Schiffsführung, Navigation, Meteorologie, Seeverkehrsrecht und Telekommunikation. Es werden sowohl bewährte konventionelle Verfahren als auch die zahlreichen technologischen Neuerungen für den täglichen Schiffsbetrieb und für den Notfall beschrieben. Im Verkehrsrecht wird die aktuelle Rechtsprechung erläutert. Darüber hinaus behandelt die 2. Auflage erstmals Maritime Verkehrsdienste wie VTS und PPU und aktuelle Sachgebiete wie Dynamische Positionierung und die Planungen der IMO zu „e-Navigation".

Im Zeitalter des Computers und der Automatisierung muss der Nautiker zur Lösung seiner Aufgaben im Bereich der navigatorischen Schiffsführung neue Informationen in geringerem Maße als früher selbst erarbeiten, z. B. durch eigene Beobachtungen oder Berechnungen. Er muss vielmehr die ihm durch technische Systeme und Kommunikationsverfahren verfügbaren Informationen auswählen, bewerten und auf Plausibilität und Verlässlichkeit überprüfen. Er muss ein gerechtfertigtes Vertrauen in die Bordsysteme entwickeln, ohne sich blind und unkritisch auf Technik, Anzeigen und Alarme zu verlassen. Dazu bedarf es qualifizierter Hintergrundkenntnisse, ohne die seine Entscheidungen nicht fundiert sein können. Diese notwendigen Grundlagen vermittelt das vorliegende Werk.

Dieses Handbuch dient weiterhin Mitarbeitern in Reedereien, Schifffahrtsbehörden und anderen schifffahrtsbezogenen Institutionen als aktuelles Nachschlagewerk. Auch im Bereich der maritimen Ausbildung und Weiterbildung – also für Lehrende und Studierende an nautischen Ausbildungsstätten und Weiterbildungsseminaren – wird es als Lehrbuch und Referenzwerk für notwendiges Hintergrundwissen genutzt.

Die Herausgeber konnten für die einzelnen Fachgebiete kompetente Experten aus nautischen Ausbildungsstätten, der nautischen Praxis und Verwaltung und vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie als Autoren gewinnen. Die Autoren bieten die Gewähr dafür, dass die Themen umfassend, sachgerecht und praxisrelevant dargestellt werden.

Die Herausgeber danken den Autoren für ihr Engagement sowie für ihre Kooperationsbereitschaft, die Teile des Werkes zu einem Gesamtwerk zusammenzufügen. Sie danken auch der Geschäftsführung der DVV Media Group für die Bereitschaft, dieses Werk zu verlegen, sowie dem Produktmanagement und dem Lektorat für die konstruktive Unterstützung bei der Realisierung.

Hamburg, August 2016

Bernhard Berking und Werner Huth

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

1 Schiffsführung und Organisation des Brückenteams

Werner Huth

1.1 *Bridge Resource Management (BRM)*

Eine qualifizierte Organisation auf der Brücke, ein *Bridge Resource Management* (BRM), ist unter Berücksichtigung der Regeln guter Seemannschaft (gelten als „Stand der Technik“) zwingend erforderlich. Der *Bridge Procedure Guide* (*Fourth Edition 2007*) [1.1.1] des International Chamber of Shipping enthält dazu wertvolle Anleitungen. Auf den *Bridge Procedure Guide* wird, wie in Kapitel 1.2 dargelegt, u. a. in der britischen Seekarte 5500 verwiesen, einer Seekarte, die für die Reiseplanung und die Fahrt durch den Englischen Kanal bei Anwendung des britischen Seekartensystems zu benutzen ist.

Eine qualifizierte Organisation auf der Brücke ist abhängig von den technischen und personellen Gegebenheiten auf der Brücke, dem Schiffstyp mit Dreiwachen- bzw. Zweiwachenbetrieb, den Häfen, gebietstypisch das Fahren auf Revieren, in Küstennähe bzw. in „freiem“ Seeraum, erforderlichen Ballastoperationen während der Revierfahrt, den hydrometeorologischen Bedingungen, um nur einige wesentliche zu nennen.

Deshalb enthält dieses Kapitel eine Reihe von Grundregeln, die durch jeden Kapitän für sein Schiff bzw. den Manager zu beachten und zu konkretisieren sind.

1.1.1 Grundlagen

Trotz fehlender internationaler Vorschrift zum *Bridge Resource Management* (*BRM*) bzw. zum *Bridge Team Management* (*BTM*) stellt das BRM eine anerkannte Regel der Technik dar und findet Eingang in Regelwerke wie *STCW* (*International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*, 1978/95) [4.1.6] und *CFR* (*Code of Federal Regulations*) [1.1.2].

Selbstverständlich müssen in allen Situationen Vorschriften beachtet werden wie:

- die Kollisionsverhütungsregeln [4.2.6],
- die Bestimmungen für das sichere Gehen einer Seewache nach dem *STCW Code* [1.3.1],
- das *Ship Management System* nach *ISM Code*, soweit für das betreffende Schiff relevant (gilt z. B. nicht für NON-SOLAS-Schiffe) [1.1.3],
- ggf. zusätzlich interne Bestimmungen/Anweisungen der Reederei/des Charterers und
- üblicherweise die „Regeln guter Seemannschaft“ („Stand der Technik“).

Der Einhaltung des *STCW Codes* kommt bei allen Überlegungen zum BRM eine herausragende Bedeutung zu. Bei der Besetzung der Brücke während einer Seewache sind vornehmlich folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Sichtweite und aktuelle Wetter- und Seegangsverhältnisse,
- Verkehrsdichte und andere Gegebenheiten des Seegebietes, in dem das Schiff navigiert,
- Navigation in Verkehrstrennungsgebieten,
- Erfahrung des wachhabenden Offiziers (*Officer Of the Watch* (*OOW*)) einschließlich Vertrautheit mit der Ausrüstung des Schiffes, insbesondere mit der nautischen Ausrüstung auf der Brücke (ECDIS, Radar, AIS, VDR usw.), und mit den Manövriereigenschaften des Schiffes,
- Ausgeruhtheit der Brückenbesatzung unter Berücksichtigung der Aufgaben, die während der Seewache zu erledigen sind,
- ein qualifizierter Ausguck.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

1.1.2 Definitionen

Zur Brückenorganisation werden entsprechend den unterschiedlichen Auffassungen sehr unterschiedliche Begriffe verwendet, z. B.:

- Brückenorganisation (besser: Organisation auf der Brücke oder Organisation der Brückenwache)/*Bridge Resource Management*/*Bridge Team Management*: Das effektive Management (Anleitung, Einsatz und Kontrolle) sowohl der Mitglieder des Brückenteams als auch der auf der Brücke vorhandenen Anlagen und Ausrüstung zur Schiffsführung.
- Teamleiter (gelegentlich auch „Wachleiter"): Ein Offizier mit Anordnungsbefugnis, der befähigt ist, die Mitglieder des Brückenteams während des jeweiligen Reiseabschnittes zu führen. Häufig übernimmt der Kapitän in Seegebieten mit hoher Verkehrsdichte, bei der Ansteuerung eines Hafens und der Lotsenübernahme diese Funktion. Es gibt aber eine Reihe von Schiffen, insbesondere Fähren, auf denen erfahrene wachhabende Offiziere solche Aufgaben wahrnehmen. Es gibt durchaus auch Situationen einer Doppelwache bei unsichtigem Wetter in sehr verkehrsreichen Gebieten (Kapitän zusammen mit dem 3. Offizier, 1. Offizier zusammen mit dem 2. Offizier).
  Auf den schon erwähnten Zweiwachenschiffen zwingt schon die Besetzung mit nur zwei Nautikern zu einem wohlüberlegten Einsatz, vor allem im Hinblick auf die vorgeschriebenen Arbeits- und Ruhezeiten.

In den nachfolgenden Ausführungen wird vom OOW (*Officer Of the Watch*/wachhabender Offizier) gesprochen. Dieser Begriff ist international eingeführt. Der OOW ist der nautische Offizier, welcher die Verantwortung für die Schiffsführung für die Dauer seiner Wache übernommen hat. Er hat Befehlsgewalt über die seinem Team angehörigen Mitglieder wie andere Schiffsoffiziere, Ausguck oder Rudergänger. Der OOW als Teamleiter ist in aller Regel der höchstrangige Offizier des Teams.

Während der Hafen- und Revierfahrten – mit oder ohne Lotsen – und in verkehrsreichen Gebieten oder bei Nebel ist davon auszugehen, dass der **Kapitän vorzugsweise als Wachleiter/Teamleiter** (und damit auch OOW) mit Kurs- und Bahnführungskontrolle, Kollisionsverhütung u. a. fungiert. Das darf jedoch nicht dazu führen, dass der Wachoffizier (bei Nebel wäre das der bisherige OOW) sich von seiner Funktion entbunden fühlt. Hier müssen klare Aufgaben in Bezug auf Navigation, Positionskontrolle, Informationspflicht gegenüber dem Wachleiter/OOW, Buchführung, Kontrolle weiterer Besatzungsmitglieder, Bedienung technischer Geräte, interne und externe Kommunikation usw. festgeschrieben werden.

1.1.3 Zielstellung und Prinzipien des BRM

Die Zielstellung der Organisation auf der Brücke ist die Führung des Schiffes mit größtmöglicher Sicherheit für den jeweiligen Reiseabschnitt. Voraussetzungen für die Realisierung einer „größtmöglichen" Sicherheit sind Teamarbeit sowie interne und externe Kommunikation, die Durchführung der erforderlichen Einweisungen, Informationen, Konsultationen, Kontrolle der Teammitglieder und die regelmäßigen Auswertungen zur Entwicklung der Teamarbeit.

Alle Mitarbeiter müssen eine gemeinsame Vorstellung davon haben, welches Ziel der Teamleiter verfolgt und wie er es zu erreichen gedenkt. Dieses Ziel zu vermitteln ist ein wesentlicher Teil der Führungsaufgabe des Teamleiters.

Entsprechend dem jeweils geplanten (Zwischen-)Ziel müssen die einzelnen Handlungen und Handlungsträger koordiniert und überwacht werden. Die gemeinsame Vorstellung über die nächsten Schritte zum Erreichen des Ziels fördert das selbstständige Handeln der Mitarbeiter. Wenn diese nicht wissen, was der Teamleiter bzw. der Kapitän vorhaben, können sie ihn nicht „kontrollieren" und auf mögliche Fehler aufmerksam machen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Ausführungen schließen aber Situationen nicht aus, in denen der Kapitän oder OOW unmittelbar handeln müssen, um z. B. auf einem Revier eine Strandung oder eine Kollision mit einem anderen Schiff zu verhindern, wenn aus zeitlichen Gründen eine Befragung bzw. Information des Teams nicht möglich ist.

Teams leisten mehr als Einzelpersonen. Das gilt nicht automatisch für eine Ansammlung von Personen, die zwar als Team bezeichnet werden, aber als Individuen agieren. An Bord von Seeschiffen ist eine klare Struktur und Hierarchie der Besatzung eingeführt, verursacht u. a. durch die Führung des Schiffes in schwerem Wetter und tropischen Wirbelstürmen. Eine eindeutige Aufteilung der Aufgaben und Verantwortung war und ist unverändert notwendig, damit eine Besatzung schnell und geschlossen zur Abwendung von Gefahren für Schiff, Ladung und Personen agieren kann. Die entscheidende Position in diesem System nimmt der Kapitän ein. Ungeachtet dessen sind Manöver in kritischen Situationen in der Regel nur dann erfolgreich, wenn eine Besatzung als Team funktioniert, z. B. bei einer Lotsenübernahme, wenn der Kapitän die Lotsenübernahme kontrolliert, ein Wachoffizier dabei ständig die Position des Schiffes überprüft (siehe Unfall in Kap. 1.2.2 (2)). Teamfähigkeit ist bei Menschen, somit auch bei Kapitänen und Schiffsoffizieren, generell unterschiedlich stark ausgeprägt; sie kann aber bei allen verbessert werden.

Voraussetzungen für die Teamarbeit sind:

- Kommunikationsfähigkeit,
- Respekt vor und Akzeptanz von anderen Teammitgliedern,
- Lernfähigkeit,
- Verlässlichkeit,
- Fähigkeit, auf neue Situationen, Anforderungen und Aufgaben flexibel reagieren zu können und
- Fähigkeit zur Selbstkritik.

Die Struktur des Teams soll verhindern, dass die sichere Führung des Schiffes allein von den Entscheidungen einer Person, in der Regel des Kapitäns bzw. des wachhabenden Offiziers, abhängt. Alle Entscheidungen und Anweisungen sind von anderen Teammitgliedern zu kontrollieren und ihre Effektivität ist zu überwachen. Jüngere Teammitglieder/Offiziere müssen ermutigt werden, Fragen zu stellen und Hinweise zu geben, wenn sie zu der Auffassung kommen, dass gegebene oder fehlende Anweisungen z. B. zu notwendigen Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen die Sicherheit des Schiffes oder der Besatzung gefährden.

Es muss entsprechend Seegebiet und/oder Tageszeit eine ausreichende Zahl an Teammitgliedern zur Verfügung stehen, was häufig bei den Zweiwachenschiffen wegen zu kleiner Besatzungen nicht der Fall ist.

Aber auch auf Dreiwachenschiffen kommt es am Tage bei guter Sicht und im freien Seeraum häufig nicht zur Teambildung, weil der OOW dort alleine auf der Brücke steht und zusätzlich die Aufgaben des Ausgucks wahrnimmt. Dabei muss der OOW sicherstellen, dass es bei sich entwickelnden kritischen Situationen unverzüglich zur Teambildung kommen kann.

Standardisierte Regeln, die durch den Kapitän in Verfahrens- und Arbeitsanweisungen niedergelegt werden, sind ein sicheres Fundament dafür, dass die Teammitglieder einen Leitfaden für die Bewältigung schwierigster Situationen zur Verfügung haben. Standardisierte Regeln fördern die von der jeweiligen Situation unabhängige automatische Erfüllung wichtiger Aufgaben und gewährleisten damit die Effizienz des Brückenteams.

Für die Ausgestaltung des BRM werden vielfältige Lehrgänge angeboten, entweder zum *Bridge Resource Management* oder zum *Bridge Team Management*. Vor allem Aktivitäten vieler Reedereien, überwiegend nach Unfällen, haben die Entwicklung des BRM vorangetrieben.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

1.1.4 Verantwortung des Kapitäns

Der Kapitän trägt die Verantwortung für die Umsetzung der Prinzipien des BRM bei der Führung des Schiffes durch die nautischen Schiffsoffiziere. In seiner Verantwortung liegt es auch, die Situation, z. B. während der Passage eines schwierigen Seegebietes, zu überprüfen. Diese Überprüfung hat das Ziel, festzustellen, ob das Brückenteam die vorgegebene Reiseplanung und die Regeln guter Seemannschaft einhält und ob das Team in der Lage ist, seine Aufgaben zu erfüllen. Bei Überlastung oder Überforderung einzelner Mitglieder muss der Kapitän reagieren. Der Teamleiter muss die Teammitglieder bei der Erfüllung der ihnen übertragenen Pflichten und Aufgaben anleiten und kontrollieren.

1.1.5 Checklisten

Von zunehmender Bedeutung sind auf der Brücke standardisierte Regeln, so z. B. Checklisten für verschiedene Situationen und das sichere Gehen einer Seewache. Beispielhaft seien erwähnt Checklisten für

- eine Wachübergabe,
- das Vertrautmachen mit den elektronischen Geräten auf der Schiffsbrücke (Radar, ECDIS, Kreiselkompass usw.),
- das Navigieren bei unsichtigem Wetter, bei Sturm oder im Eis,
- das Navigieren in Küstengewässern oder auf Hoher See,
- das Fahren mit Lotsen, Besprechung der Reisepläne.

(Siehe hierzu insbesondere den *ICS Bridge Procedure Guide*, der über 20 Checklisten für verschiedene Situationen enthält [1.1.4].)

Solche Checklisten können hilfreich sein, vor allem wenn man neu an die Aufgabe eines verantwortlichen wachhabenden Offiziers herangeführt wird. Die nachfolgende „Checkliste B1: Vertrautmachen mit der Brückenausrüstung“ macht sehr gut deutlich, dass das BRM bereits viel früher einsetzen muss als mit dem ersten Erscheinen zur Brückenwache. Sie können aber auch zu einer „lästigen Routine“ werden, die nicht mehr mit vollem Ernst wahrgenommen wird, weil man sie insgesamt für überflüssig oder manche Formulierung darin für nicht mehr ganz zeitgemäß hält. Manchmal werden in der Praxis auf einer Checkliste ohne Überlegung Kreuze gemacht, wo immer ein entsprechendes Kästchen vorhanden ist, „weil dort einfach ein Kreuz erwartet wird“. Das Lesen und ggf. Hinterfragen fällt aus. Hier kommt es sehr auf das Fingerspitzengefühl des Kapitäns an, den OOW für solche Aufgaben zu motivieren.

Standardisierte Regeln dürfen jedoch nicht dazu führen, dass ihnen der Teamleiter, unabhängig von der aktuellen Situation, blindlings folgt. Die Regeln guter Seemannschaft erfordern, dass jede Situation analysiert (nur am Simulator kann immer wieder die gleiche Situation dargestellt werden, nicht aber in der Praxis) und dann mit den erforderlichen Maßnahmen, in der richtigen Reihenfolge und zum richtigen Zeitpunkt die sichere Schiffsführung gewährleistet wird. Sollten die existierenden standardisierten Regeln für das jeweilige Schiff oder eine bestimmte Situation unzureichend sein, müssen sie überarbeitet und angepasst werden.

1.1.6 Vermeidung von Fehlerketten als Ursache von Unfällen

In vielen Fällen sind Unfälle nicht auf einzelne Fehler, sondern auf eine Aneinanderreihung vieler kleiner Fehler und Fehlentscheidungen zurückzuführen (siehe auch Beispiele in Kapitel 1.2.2).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

B1 FAMILIARISATION WITH BRIDGE EQUIPMENT

Has the operation of the following equipment been studied and fully understood?

- ☐ **bridge and deck lighting**
- ☐ **emergency arrangements in the event of main power failure**
- ☐ **navigation and signal lights, including**
  - ☐ searchlights
  - ☐ signalling lamp
  - ☐ morse light
- ☐ **sound signalling apparatus, including**
  - ☐ whistles
  - ☐ fog bell and gong system
- ☐ **safety equipment, including**
  - ☐ LSA equipment including pyrotechnics, EPIRB and SART
  - ☐ bridge fire detection panel
  - ☐ general and fire alarm signalling arrangements
  - ☐ emergency pump, ventilation and watertight door controls
- ☐ **internal ship communications facilities, including**
  - ☐ portable radios
  - ☐ emergency "batteryless" telephone system
  - ☐ public address system
- ☐ **AIS and external communication equipment, including**
  - ☐ VHF and GMDSS equipment
- ☐ **alarm systems on bridge**
- ☐ **automatic track-keeping system, if fitted**
- ☐ **ECDIS and electronic charts, if fitted**
- ☐ **echo sounder**
- ☐ **electronic navigational position-fixing systems**
- ☐ **VDR or S-VDR equipment**
- ☐ **gyro compass/repeaters**
- ☐ **IBS functions, if fitted**
- ☐ **magnetic compass**
- ☐ **off-course alarm**
- ☐ **radar including ARPA**
- ☐ **speed/distance recorder**
- ☐ **engine and thruster controls**
- ☐ **ship security alert equipment**
- ☐ **steering gear, including manual, auto-pilot and emergency changeover and testing arrangements** (see annex A7)
- ☐ **location and operation of ancillary bridge equipment (e.g. binoculars, signalling flags, meteorological equipment)**
- ☐ **stowage of chart and hydrographic publications**

Other checks (to be expanded by master and navigation officer):

- ☐
- ☐
- ☐
- ☐

Abb. 1.1.1: Checkliste B1: Vertrautmachen mit Brückenausrüstung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Ein wesentliches Ziel einer jeglichen Teamarbeit ist es, den Beginn solcher Fehlerketten frühzeitig zu erkennen und Störungen zu vermeiden. Die Einhaltung der Regeln guter Seemannschaft und ein intensiver Austausch aller Teammitglieder sind Voraussetzungen dafür, dass sich Fehlerketten entweder nicht entwickeln oder ihre Auswirkungen minimiert werden können.

1.1.7 Struktur und Aufgaben des BRM

Der Kapitän muss das Brückenteam, falls erforderlich, unterweisen, insbesondere den/die vorgesehenen OOW. Eine Unterweisungsnotwendigkeit ergibt sich immer bei einem Besatzungswechsel, d. h. beim Anbordkommen neuer Schiffsoffiziere, oder beim Antritt einer neuen Reise. Bei der Vielfalt der nautischen Geräte auf der Brücke, beispielhaft seien die Radargeräte und ECDIS genannt, bedarf es einer Schulung auf die jeweils an Bord befindlichen Geräte. Kein Nautiker kann alle zurzeit im Betrieb befindlichen Radargeräte verschiedenster Hersteller beherrschen (das gilt auch für die Lotsen (siehe auch Kapitel 1.3). Ein Vertrautmachen vor dem Auslaufen des Schiffes unter der Aufsicht des Kapitäns ist unerlässlich, wenn auch manchmal schwer zu realisieren (Besatzungswechsel, neues Fahrtgebiet, Umstellung auf eine neue Ladung usw.). Hilfreich ist die Checkliste B 1 des *Bridge Procedure Guides* (Abb. 1.1.1) oder ein ähnliches Formular.

(1) Struktur des BRM

Die Stärke des Brückenteams und damit die Anzahl der Besatzungsmitglieder, die zur Verfügung stehen müssen, hängt vom Schiffstyp, vom Fahrtgebiet, den zu erwartenden meteorologischen Bedingungen und von den zu leistenden Aufgaben ab. Auf Feeder- und anderen Schiffen, die nur mit dem Kapitän und einem nautischen Offizier besetzt sind, können die genannten Zielstellungen, wie erwähnt, nicht in vollem Umfang realisiert werden. Dessen ungeachtet muss der Kapitän alle ihm zur Verfügung stehenden Mittel (Reiseplan, Bahnkontrolle usw.) nutzen. Klar ist, dass auf schwierigen Reiseabschnitten nicht auf die Mitwirkung des Kapitäns oder 1. Offiziers verzichtet werden kann. Gegebenenfalls muss der Kapitän über die Mindestanforderungen des *Safety Management Systems* (*SMS*) [1.1.5] hinausgehen, wenn er dieses für erforderlich hält.

Das Brückenteam besteht im Normalfall aus dem OOW, einem Ausguck und eventuell einem Rudergänger, d. h., alle Besatzungsmitglieder, die mit Wachaufgaben betraut werden, gehören zum Brückenteam. Dabei ist es wichtig, dass die Mitglieder des Teams eng und vertrauensvoll zusammenarbeiten. Diese Zusammenarbeit gilt auch für die Kommunikation mit Besatzungsmitgliedern im Maschinenraum und gegebenenfalls in anderen Bereichen an Bord. Die Zusammensetzung des Teams kann sich bei besonderen Anlässen ändern. So wird der Kapitän bei einem noch unerfahrenen wachhabenden Offizier (OOW) in schwierigen Gewässern auf der Brücke häufig zusätzlich anwesend sein.

Der Kapitän beobachtet und steht für die schnelle Übernahme zur Verfügung. Wie in Kapitel 1.1.8 dargestellt, können besondere Situationen wie Nebel, Eis usw. zu „Doppelwachen“ der Offiziere führen oder einen zusätzlichen Ausguck „erzwingen“.

(2) Aufgabenverteilung im Rahmen des BRM

Hat das Unternehmen keine für alle seine Schiffe gültige Verteilung der Aufgaben im Rahmen der Brückenorganisation festgelegt, muss der Kapitän auf seinem Schiff selbst eine eindeutige, allen Teammitgliedern bekannte und von ihnen verstandene Aufgabenverteilung vornehmen. Zu den zu verteilenden Aufgaben gehören unter anderem:

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- Erarbeitung des Reiseplans einschließlich der Beschaffung der nötigen Informationen und Unterlagen (siehe Kapitel 1.2), Erörterung des Reiseplans mit dem Lotsen und Einweisung der Wachmitglieder,
- Vorbereitung erforderlicher Manöver,
- Vorbereitung und Durchführung der Navigation zur Bahnkontrolle, einschließlich der Festlegung der Navigationsverfahren,
- Organisation der externen und internen Kommunikation,
- Überwachung des Seeraums zur Kollisionsverhütung,
- Überwachung des Seeraumes im schweren Wetter,
- Manövrieren des Schiffes entsprechend den Erfordernissen der jeweiligen Situation,
- Überwachung der korrekten Ausführung der Empfehlungen des Lotsen durch ein Teammitglied,
- Führung des Brückenteams mit den dazu gehörenden Einweisungen und Kontrollen der Teammitglieder, das Anfordern und Auswerten von Statusmeldungen sowie die Information des Teams über das Ergebnis der Auswertungen,
- Organisation der Nachweisführung.

Eine besonders schwierige Aufgabe ist die Integration des Lotsen in das auf dem Schiff bereits bestehende Brückenteam (siehe Kapitel 1.3).

Die Aufgabenverteilung im Team muss klar sein und sich bei den verschiedenen Mitgliedern auf ihr fachliches Können beschränken. Von den Teammitgliedern ist dem Teamleiter zu bestätigen, dass sie ihre Aufgabe verstanden haben.

Vor Aufnahme der Aufgaben im Brückenteam ist vom OOW zu prüfen, ob die Vorschriften des *STCW Codes* bzw. der *Maritime Labour Convention* (*MLC*) [1.1.7] über die vorgeschriebenen Ruhezeiten eingehalten werden können. Die Einhaltung der vorgeschriebenen Ruhezeiten ist heute eine der schwersten Aufgaben, die ein Kapitän zu bewältigen hat. Es ist dabei wenig hilfreich, die Nachweise für Ruhezeiten zu „manipulieren“, weil die für die Kontrolle zuständigen Behörden mittlerweile durchaus in der Lage sind, die tatsächlichen Gegebenheiten an Bord zu ermitteln. Das Gleiche gilt für die Einhaltung der Vorschriften über Alkoholgenuss. Dabei geht es um die Einhaltung der national vorgegebenen Alkoholgrenzen, aber auch die Grenzen, die von der Reederei vorgegeben wurden. So gilt z. B. auf Tankern häufig die 0-Promillegrenze, in Deutschland zusätzlich grundsätzlich auch auf Fahrgastschiffen, während auf Frachtschiffen in der Regel eine 0,5-Promillegrenze gilt. Auch ausländische/lokale Alkoholgrenzen sind zu beachten.

(3) Sprachkompetenz des OOW

Der eingesetzte OOW muss nach *STCW Code* der englischen Sprache mächtig sein (i. a. „working language“). Er muss die Seekarten, nautischen Publikationen, Wetterinformationen und Nachrichten bezüglich der Sicherheit des Schiffes verstehen können. Außerdem muss er in der Lage sein, mit anderen Schiffen und Küstenfunkstellen in englischer Sprache kommunizieren zu können. Das Brückenteam kann in nationaler Sprache kommunizieren, wenn diese von allen Mitgliedern beherrscht wird, andernfalls gilt Englisch als Arbeitssprache. Teammitglieder können in Stresssituationen mit dem Verständnis der englischen Sprache überfordert sein. Deshalb muss über Rückmeldungen unbedingt festgestellt werden, ob eine Anweisung richtig verstanden wurde.

(4) Eingreifen des Kapitäns

In keinem Fall wird die Weisungsbefugnis des Kapitäns gegenüber dem OOW beschränkt, unabhängig davon, ob er zu dem Zeitpunkt Leiter des Teams ist oder nicht. Er muss sich allerdings auch der sich aus dem Eingreifen ergebenden Konsequenzen bewusst sein, denn er übernimmt mit dem Eingreifen die Verantwortung auch über ein bereits eingeleitetes Manöver.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Wenn der Kapitän auf die Brücke kommt oder sich bereits dort befindet und die Führung des Schiffes vom wachhabenden Offizier übernehmen möchte, muss er dieses klar und unmissverständlich kundtun: „Ich übernehme“ oder besser: „*I take the conn*“ (*Responsibility for the steering of the ship*). Und er darf nicht vergessen, dem OOW die Wache nach dem Eingreifen ausdrücklich wieder zu übergeben, wenn er anschließend nicht selbst als OOW weiterfahren möchte. Der OOW muss die Übernahme bestätigen. Manche Reedereien verlangen darüber eine Tagebucheintragung.

(5) *Standing Order* des Kapitäns

An Bord ist es üblich, dass der Kapitän seine *standing orders* für die wachhabenden Offiziere in schriftlicher Form dokumentiert. Dabei kann es sich um Anweisungen handeln, die für die gesamte Reise gelten (Beispiel: Mindestsichtweite, bei deren Unterschreitung er informiert werden möchte). Diese Anweisungen dürfen nicht in Konkurrenz zum SMS stehen. Sie sind von den wachhabenden Offizieren abzuzeichnen. Häufig sind die *standing orders* vorn im *Bridge Order Book* eingeklebt und werden zu Beginn einer Reise abgezeichnet.

(6) *Bridge Order Book* des Kapitäns

Hierin sind die „täglichen“ Anweisungen festgehalten, die für einen bestimmten Reiseabschnitt gelten (z. B. Kurs oder Anzahl von Seemeilen zu einem wichtigen Punkt, an dem der Kapitän informiert werden möchte). Die täglichen Anweisungen sind vom OOW jeweils bei Wachantritt abzuzeichnen.

(7) Die Aufgaben des wachhabenden Offiziers (OOW)

Nach den Vorgaben des *STCW Codes* gehört zu den Hauptaufgaben des OOW (ggf. als Vertreter des Kapitäns) die sichere Navigation des Schiffes unter Berücksichtigung der Kollisionsverhütungsregeln (COLREG's), also das Wachegehen, die in *SOLAS* Kap. V vorgeschriebene Bahnkontrolle des Schiffes entsprechend Reiseplanung (siehe auch Kapitel 1.2) und die Überwachung von *GMDSS* (siehe Kapitel 10).

Dabei umfasst das Wachegehen die Aufgaben des Ausgucks und das Überwachen des Schiffszustandes, die Anwendung der Kollisionsverhütungsregeln (siehe Kapitel 8), das regelmäßige Überprüfen der nautischen Geräte auf der Brücke sowie weitere Aufgaben im Zusammenhang mit der Ladungsbeförderung, soweit diese auf der Brücke angezeigt werden (Überwachung), aber auch Überwachen von Daten aus dem Maschinenraum, vor allem, wenn dieser ganz oder zeitweise unbesetzt ist.

Vor Beginn der Wache muss sich der OOW gründlich mit dem vertraut machen, was ihn während seiner Wache erwarten wird. Dies benötigt an einer Küste natürlich mehr Zeit und Aufwand als auf dem Atlantik. Das Wachegehen wird mit einer umfassenden Übergabe an den nächsten wachhabenden Offizier abgeschlossen. Dazu gehören u. a.:

- Information über Position, Kurs und Geschwindigkeit des Schiffes,
- Angaben über die aktuellen Wetter- und Stromverhältnisse einschließlich Sichtweite,
- Hinweise über die Situation im Maschinenraum (wachfrei oder besetzt),
- Angaben über andere Fahrzeuge und eventuell vorhandene Kollisionsgefahren,
- Angaben über bereits eingeleitete Ausweichmanöver,
- Angaben über das einwandfreie Arbeiten aller Navigationsgeräte bzw. ggf. Information über Ausfälle,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Angaben über den „Zustand“ des Schiffes bezüglich Sicherheit, Ladung, ggf. Stabilität und Trimm.

Die Wache gilt vom nachfolgenden OOW als verantwortlich übernommen, wenn dieser sagt: „Ich übernehme“.

Der OOW darf die Brücke während seiner Wache nicht verlassen. Gegebenenfalls ist ein anderer nautischer Schiffsoffizier oder der Kapitän für eine kurze Ablösung auf die Brücke zu rufen.

Der OOW sollte nicht zögern, in unklaren Situationen rechtzeitig den Kapitän zu informieren und diesen auf die Brücke zu bitten. Unter „rechtzeitig“ ist zu verstehen, dass dem Kapitän noch die Möglichkeit bleibt, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um eine kritische Situation klären zu können. Es nützt wenig, den Kapitän über eine unklare Situation zu informieren, wenn das Erscheinen des Kapitäns auf der Brücke erst erfolgt, wenn das Schiff bereits auf eine Sandbank aufgelaufen ist, wie auf einem großen Containerschiff am 02.01.2008 mit voller Fahrt auf der Varne Bank im Englischen Kanal geschehen (siehe Untersuchungsbericht 01/08 der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung) [1.1.6].

Darüber hinaus hat der OOW als momentaner Teamleiter die Pflicht, den Kapitän über Entwicklungen zu informieren, die die Sicherheit von Schiff, Ladung und Besatzung gefährden (z. B. Wetterverschlechterung). Kann der Kapitän nicht rechtzeitig auf diese Hinweise reagieren, muss der WO als Teamleiter selbständig entscheiden, wenn dadurch ein Unfall vermieden werden kann (schwierige Situation!).

1.2 Reiseplanung

Werner Huth, Gert Weißflog

1.2.1 Rechtliche Vorgaben

(1) Die navigatorische Reiseplanung als Grundlage einer effektiven Schiffsführung

Die navigatorische Reiseplanung bildet das wesentliche Fundament für eine funktionierende Arbeit des Brückenteams und damit für eine sichere und zügige Reise des Schiffes zwischen zwei Häfen. Die Reiseplanung umfasst den Weg über Ozeane, durch Küstengewässer und auf Revieren bzw. in Hafenzufahrten, Letztere mit und ohne Lotsenberatung, und zwar von Liegeplatz zu Liegeplatz *(berth to berth)*. Dabei sind Änderungen in der Hafenfolge genauso zu berücksichtigen wie Änderungen der Reiseroute, z. B. verursacht durch tropische Wirbelstürme.

Aufgrund von diversen Schiffsunfällen, teilweise mit erheblichen Umweltverschmutzungen, hat die International Maritime Organization (IMO) zum 1. Juli 2002 bei der Neufassung von *SOLAS,* Kapitel V Sicherung der Seefahrt eine internationale Regel (Regel 34) [1.2.1] für die sichere Schiffsführung und das Vermeiden gefährlicher Situationen beschlossen, die von den Schifffahrtsnationen in nationales Recht übernommen wurde. Gleichzeitig wurden unter Bezug auf diese Regel Richtlinien für die Reiseplanung empfohlen, die z. B. für sämtliche deutschen Schiffe auf allen Reisen weltweit Anwendung finden. Ähnliches gilt durch Übernahme in die Vorschriften nichtdeutscher Schifffahrtsnationen.

Aktuell verweist z. B. die britische Seekarte 5500 *Mariners' Routeing Guide English Channel and Southern North Sea Edition 15* [1.2.2], also eine Seekarte, die bei der Durchfahrt durch den Englischen Kanal (bei Benutzung britischer Seekarten) zwingend benutzt werden muss, ausdrücklich auf die Anwendung der Regel 34 und der Richtlinien für die Reiseplanung. In der erläuternden Ziffer 1 wird in dieser Seekarte unter der Überschrift *Passage Planning Using this Guide* [1.2.3] die Anwendung der Richtlinien für die Reiseplanung bezüglich der Durchfahrt durch den Engli-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

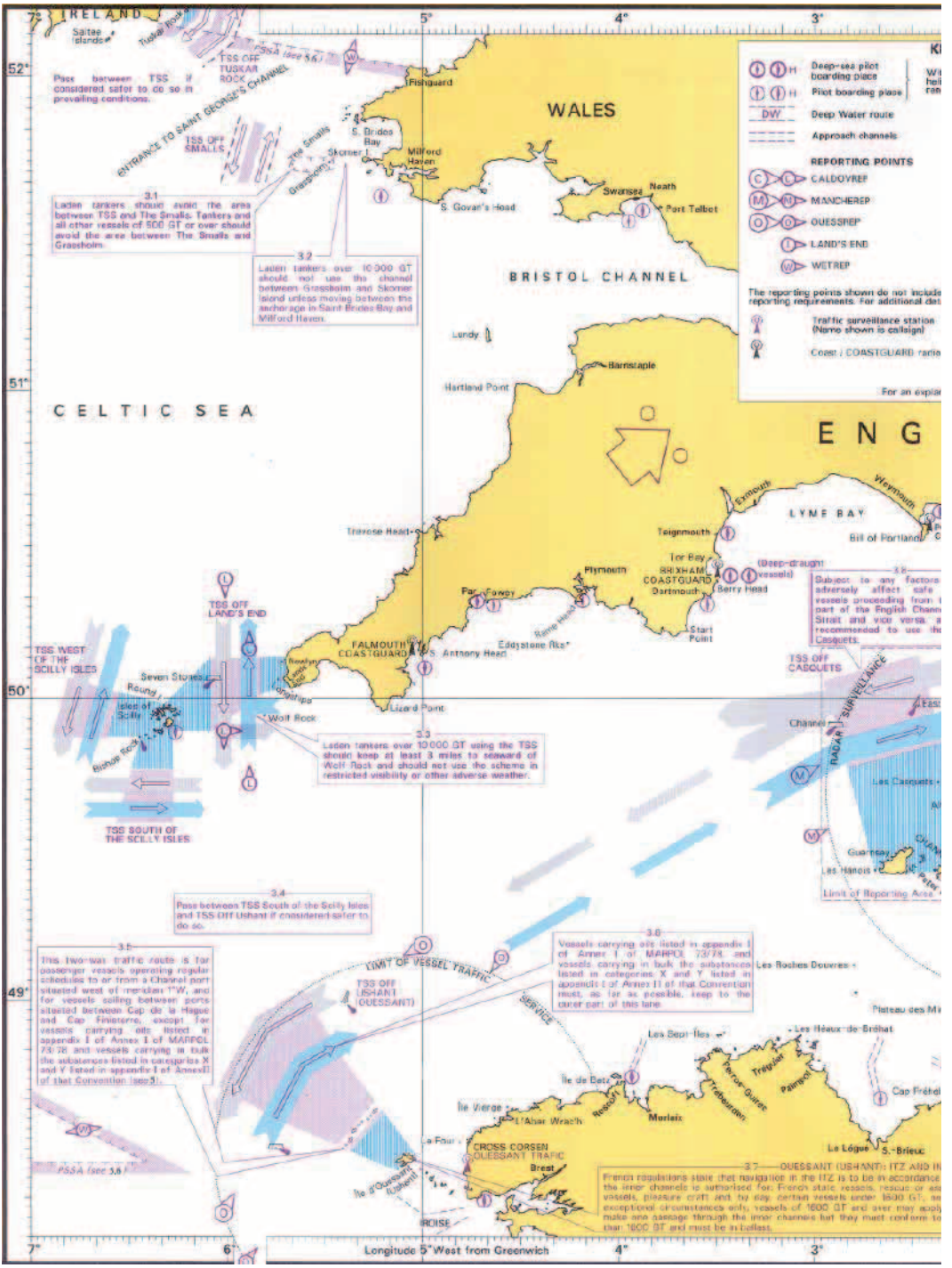
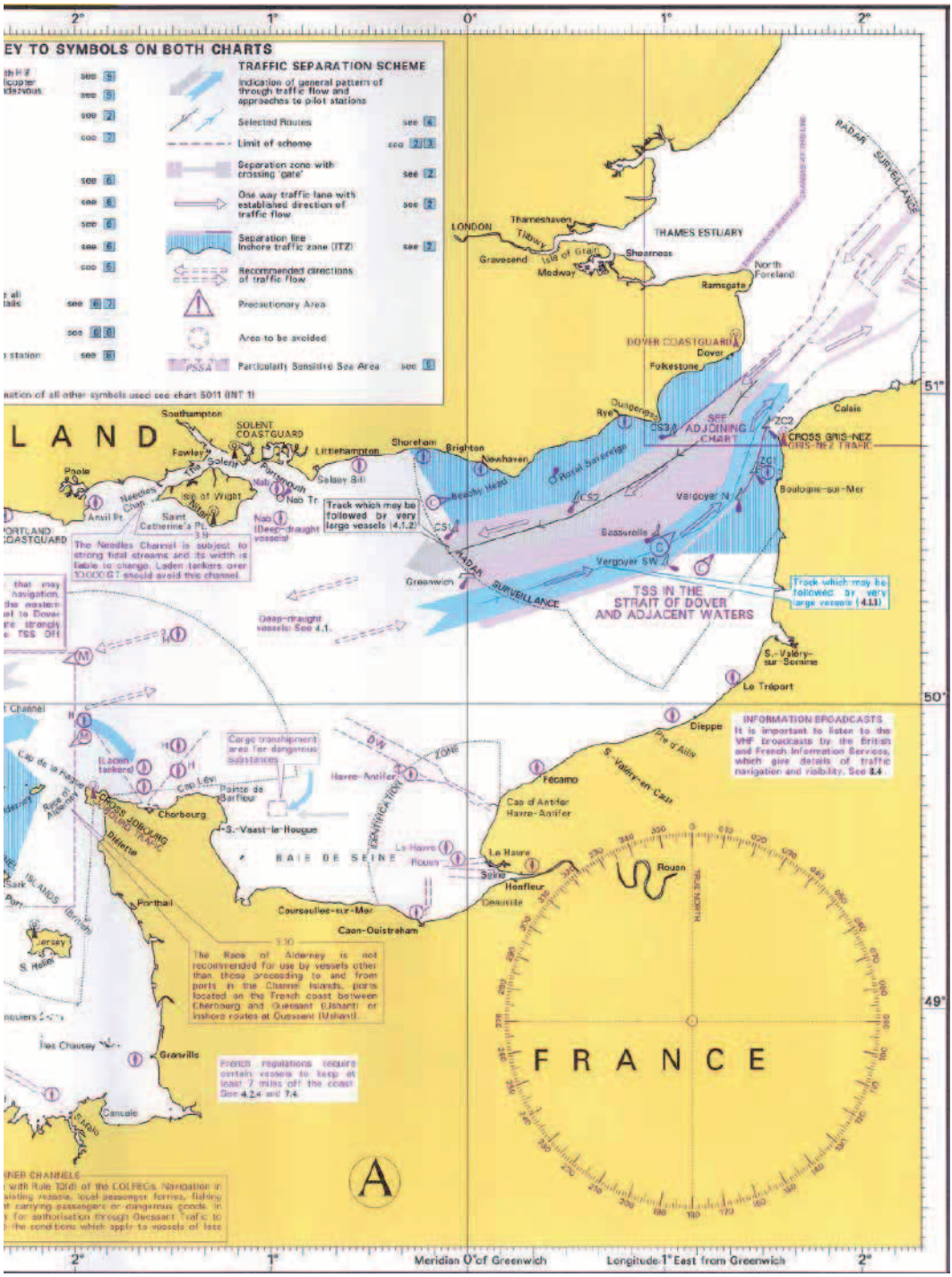

IRELAND
WALES
BRISTOL CHANNEL
CELTIC SEA
ENG
LYME BAY
Fishguard
S. Brides Bay
Milford Haven
Swansea
Neath
Port Talbot
S. Govan's Head
Lundy
Barnstaple
Hartland Point
Exmouth
Weymouth
Bill of Portland
Teignmouth
Torbay
BRIXHAM COASTGUARD
Dartmouth
Berry Head
Plymouth
Start Point
Eddystone Rks
FALMOUTH COASTGUARD
St Anthony Head
Lizard Point
Wolf Rock
Isles of Scilly
Seven Stones Lightship
Round
Bishop Rock
Channel
Guernsey
Les Hanois
Les Casquets
Les Roches Douvres
Plateau des Minquiers
Les Héaux de Bréhat
Les Sept Iles
Ile de Batz
Ile Vierge
L'Abar Wrach
Roscoff
Morlaix
Trégastel
Perros-Guirec
Trébeurden
Paimpol
Cap Fréhel
La Four
CROSS CORSEN
OUESSANT TRAFFIC
Brest
Ile d'Ouessant (Ushant)
Le Légue
St-Brieuc
ROISE
TSS OFF TUSKAR ROCK
TSS OFF SMALLS
ENTRANCE TO SAINT GEORGE'S CHANNEL
TSS OFF LAND'S END
TSS WEST OF THE SCILLY ISLES
TSS SOUTH OF THE SCILLY ISLES
TSS OFF CASQUETS
TSS OFF USHANT (OUESSANT)
LIMIT OF VESSEL TRAFFIC SERVICE
RADAR SURVEILLANCE
Limit of Reporting Area
Deep-sea pilot boarding place
Pilot boarding place
Deep Water route
Approach channels
REPORTING POINTS
CALDOYREP
MANCHEREP
OUESSREP
LAND'S END
WETREP
Traffic surveillance station
Coast / COASTGUARD radio
Pass between TSS if considered safer to do so in prevailing conditions.
3.1 Laden tankers should avoid the area between TSS and The Smalls. Tankers and all other vessels of 500 GT or over should avoid the area between The Smalls and Grassholm.
3.2 Laden tankers over 10 000 GT should not use the channel between Grassholm and Skomer Island unless moving between the anchorage in Saint Brides Bay and Milford Haven.
3.3 Laden tankers over 10 000 GT using the TSS should keep at least 3 miles to seaward of Wolf Rock and should not use the scheme in restricted visibility or other adverse weather.
3.4 Pass between TSS South of the Scilly Isles and TSS Off Ushant if considered safer to do so.
3.5 This two-way traffic route is for passenger vessels operating regular schedules to or from a Channel port situated west of meridian 1°W, and for vessels sailing between ports situated between Cap de la Hague and Cap Finisterre, except for vessels carrying oils listed in appendix I of Annex I of MARPOL 73/78 and vessels carrying in bulk the substances listed in categories X and Y listed in appendix I of Annex II of that Convention (see 3).
3.6 Vessels carrying oils listed in appendix I of Annex I of MARPOL 73/78, and vessels carrying in bulk the substances listed in categories X and Y listed in appendix I of Annex II of that Convention must, as far as possible, keep to the outer part of this lane.
3.7 OUESSANT (USHANT) ITZ AND
3.8 Subject to any factors adversely affect safe vessels proceeding from part of the English Chann Strait and vice versa, recommended to use the Casquets.
(Deep-draught vessels)
PSSA (see 3.6)
Longitude 5° West from Greenwich
52°
51°
50°
49°
7°
6°
5°
4°
3°

Abb. 1.2.1: Auszug aus der britischen Seekarte 5500.
Reiseplanung im Englischen Kanal unter Anwendung der entsprechenden Seekarten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt



Passage Planning Chart for use in conjunction with navigational charts
Quelle: UKHO (United Kingdom Hydrographic Office)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

schen Kanal für verschiedene Schiffstypen mit den Überschriften *Principles of Passage Planning, Appraisal, Planning, Execution* und *Monitoring Progress* dargestellt (siehe nachfolgende Ziffer (3)). Ausschnitte aus der britischen Seekarte 5500 sind in den Abb. 1.2.1 und 1.2.2 dargestellt. Abb. 1.2.1 gibt die Verkehrstrennungsgebiete im Englischen Kanal wieder. Blau sind die ostwärts gerichteten Verkehrsströme dargestellt, grau die westwärts gerichteten Verkehre. Die Abb. 1.2.2 zeigt das küstennahe Verkehrstrennungsgebiet von der Straße von Dover in Richtung Deutsche Bucht mit dem Passieren der Scheldemündung (Häfen Zeebrugge und Antwerpen) und der Maasmündung (Hafen Rotterdam), außerdem das nach Norden abzweigende Verkehrstrennungsgebiet für tiefgehende Schiffe („DW“) in die Deutsche Bucht bzw. Nordsee und das Verkehrstrennungsgebiet, das unter der englischen Küste nordwärts führt. Die Farben der Verkehrsströme/Pfeile haben die gleiche Bedeutung wie in Abb. 1.2.1. Die Breite der farbigen Pfeile spiegelt die Anzahl der Schiffe wider, die dort verkehren.

Deutschland hat die Richtlinien für die Reiseplanung über eine Mitteilung in den Nachrichten für Seefahrer [1.2.5] und über das Handbuch für Brücke und Kartenhaus, Kapitel 5 Schiffsführung [1.2.4] für alle deutschen Schiffe verbindlich gemacht. Sie sind im Übrigen im deutschen Schiffssicherheitsgesetz [1.2.6] verankert. Die Richtlinien für die Reiseplanung sind an Bord mitzuführen.

Diese Rechtslage wird im Folgenden erläutert.

(2) *SOLAS* Vorgabe für eine sichere Schiffsführung und das Vermeiden gefährlicher Situationen

*SOL*AS Kapitel V Regel 34 ist die rechtliche Grundlage für eine sichere Schiffsführung. Gleichzeitig stärkt diese Regel erheblich die Stellung und die Rechte des Kapitäns.

Nach Regel 34 (1) muss der Kapitän vor dem Auslaufen sicherstellen, dass die beabsichtigte Reise unter Berücksichtigung der von der IMO erarbeiteten Richtlinien und Empfehlungen sowie unter Verwendung der für das betreffende Seegebiet geeigneten Seekarten und nautischen Veröffentlichungen geplant worden ist. Dieser Absatz stellt die zwingende Verbindung zu den Richtlinien für die Reiseplanung dar.

Nach Regel 34 (2) ist im Reiseplan eine Route festzulegen,

- die in Betracht kommende Systeme der Schiffswegeführung berücksichtigt;
- bei deren Benutzung ausreichend Seeraum für die sichere Fahrt des Schiffes während der gesamten Reise gewährleistet ist;
- bei deren Festlegung alle bekannten Gefahren für die Navigation sowie widrige Wetterverhältnisse in Betracht gezogen worden sind;
- bei deren Festlegung die einschlägigen Maßnahmen des Meeresumweltschutzes berücksichtigt worden sind sowie Handlungen und Tätigkeiten, die Schäden an der Umwelt verursachen könnten, so weit wie möglich vermieden werden.

Nach Regel 34 (3) dürfen alle Personen/Unternehmen (u. a. Reeder, Charterer usw.), die ein Schiff betreiben, den Kapitän des Schiffes nicht daran hindern, eine Entscheidung zu treffen oder auszuführen, die nach dem fachlichen Urteil des Kapitäns für eine sichere Schiffsführung und den Schutz der Meeresumwelt erforderlich ist. Der Kapitän darf in seiner diesbezüglichen Entscheidung auch nicht eingeschränkt werden. Das gilt insbesondere auch im Zusammenhang mit der Überwachung der Schiffe einzelner Reedereien von Land aus.

(3) Richtlinien für die Reiseplanung

Die IMO hat in Verbindung mit der Neufassung von *SOLAS* Kapitel V unter Bezug auf Regel 34 Richtlinien für die Reiseplanung (*Guidelines for Voyage Planning*, Entschließung A 893(21), an-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

genommen am 25.11.1999) herausgegeben. Diese Richtlinien müssen angewendet werden. Bei einem Abweichen davon muss ggf. der Grund dafür dargelegt werden und was man an Stelle der Empfehlungen als gleichwertig angewendet hat. Eine solche Situation des Abweichens könnte z. B. dann eintreten, wenn man einem vorgeschriebenen Weg im Verkehrstrennungsgebiet nicht folgen kann, weil wegen „ungünstiger" Seegangsrichtung mit heftigsten Rollbewegungen des Schiffes und einer Gefahr für Schiff und Besatzung zu rechnen ist. Natürlich ist in einer solchen Situation auch die zuständige Küstenfunkstelle/Verkehrszentrale und die umliegende Schifffahrt zu informieren.

Ziele der Reiseplanung (*Objectives*)

Zentrales Ziel ist die Ausarbeitung und Überwachung des Reiseplans. Dieses gilt für alle Schiffe. Dabei sind natürlich diverse Faktoren zu berücksichtigen, beispielhaft seien hier genannt die Größe des Schiffes und die Beförderung von gefährlichen Gütern. Zur Reiseplanung gehört auch das schiffs- oder reedereiseitige Sammeln und Bewerten von Daten über Häfen und Ansteuerungen sowie Lotsenübernahmen.

Bewertung *(Appraisal)*

Hier nennen die Richtlinien für die Reiseplanung eine ganze Reihe von Informationen, die bei einer Reiseplanung in Betracht zu ziehen sind. Zentrale Punkte sind u. a.:

- Beschaffenheit und aktueller Reisezustand (Stabilität, Ausrüstung usw.) des Schiffes einschließlich der erforderlichen Dokumente,
- Art und Verteilung der Ladung im Schiff,
- befähigte und ausgeruhte Besatzung,
- auf dem neuesten Stand befindliche Seekarten, Handbücher, Gezeitenunterlagen, Nachrichten für Seefahrer usw.,
- Zusatzinformationen wie Verfügbarkeit meteorologischer Routenberatungen und weiterer meteorologischer oder ozeanografischer Daten sowie Auskünfte von Lotsen, Hafeninformationen usw.

Planung *(Planning)*

Auf der Grundlage der möglichst umfassenden Bewertung ist ein detaillierter Reiseplan zu erstellen. Hierzu gehört insbesondere das qualifizierte Einzeichnen von Kursen in die entsprechenden und geeigneten Seekarten unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und möglichen Gefahren. Dabei sind u. a. zu berücksichtigen:

- die sichere Geschwindigkeit in verschiedenen Situationen/Reiseabschnitten,
- erforderliche Geschwindigkeitsänderungen wegen Gezeiten, Squat bzw. einer erforderlichen Kielfreiheit,
- Eintragung von Positionen, an denen eine Fahrtstufenänderung notwendig ist,
- Eintragung von Kursänderungspunkten (sogenannter WOP (*Wheel-Over-Point*)) in die Seekarte unter Berücksichtigung des Drehkreises und der zu erwartenden Auswirkungen von Gezeitenströmen,
- Art und Häufigkeit von Positionsbestimmungen, insbesondere bei Positionen, deren genaue Bestimmung kritisch ist oder wo es auf ausgesprochen zuverlässige Bestimmungen ankommt,
- Schutz der Meeresumwelt und
- Einsatzpläne für besondere Situationen.

Der Reiseplan ist vor Reisebeginn vom Kapitän zu genehmigen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

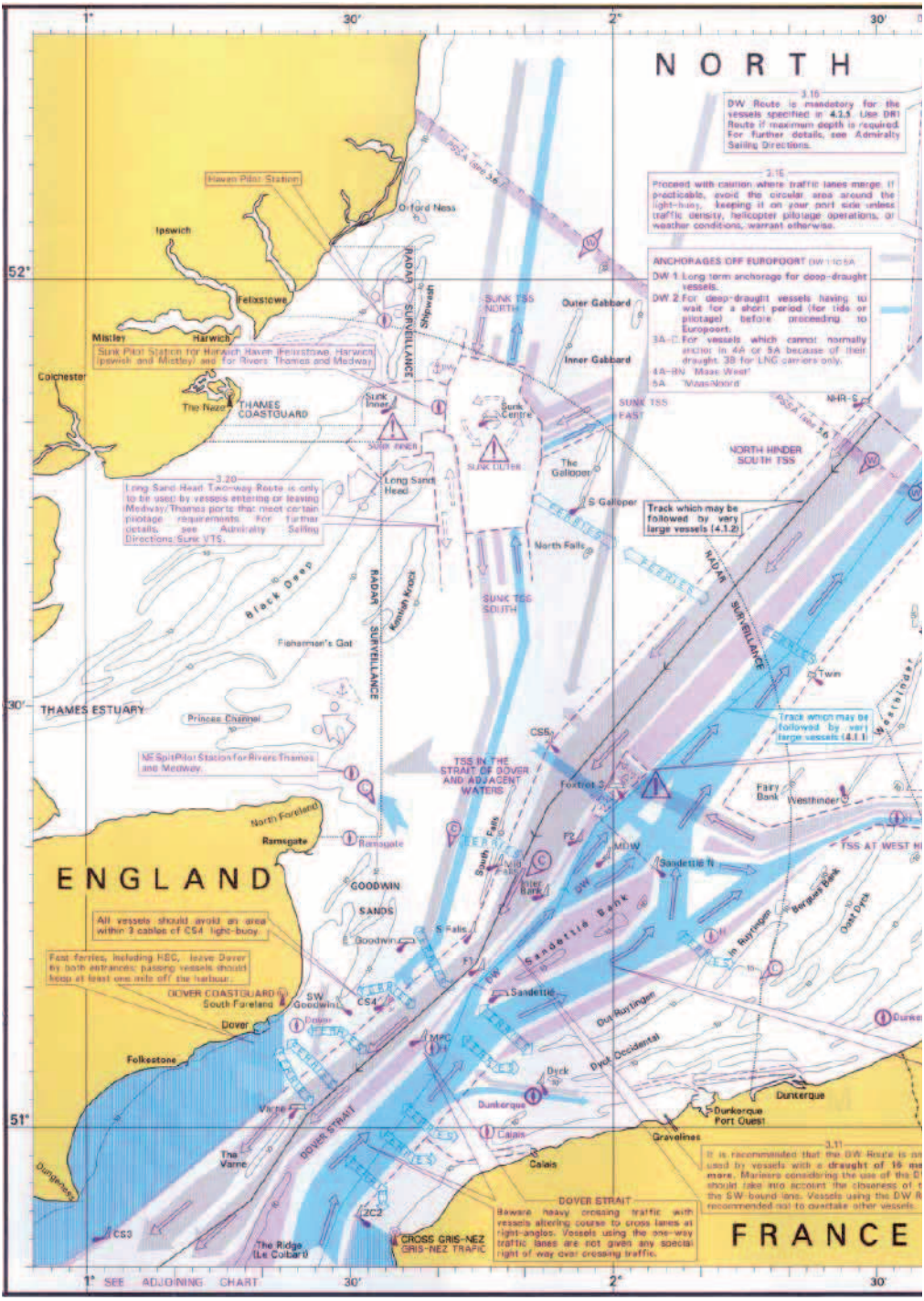


Abb. 1.2.2: Auszug aus der britischen Seekarte 5500.
Reiseplanung in der südwestlichen Nordsee unter Anwendung der entsprechenden Seekarten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Passage Planning Chart for use in conjunction with navigational charts
Quelle: UKHO (United Kingdom Hydrographic Office)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Durchführung *(Execution)*

Die Reise sollte dann entsprechend dem aufgestellten Reiseplan durchgeführt werden. Bei der Durchführung oder bei Abweichungen davon sind diverse Faktoren zu berücksichtigen, u. a.:

- die Zuverlässigkeit und der Zustand der Navigationsausrüstung des Schiffes,
- ETA *(Estimated Time of Arrival)* an Positionen mit kritischen Gezeitenhöhen und -strömen,
- meteorologische Bedingungen, insbesondere auch Gebiete mit zu erwartender schlechter Sicht,
- mögliche Schwierigkeiten einer exakten Positionsbestimmung bei Nacht gegenüber einer Situation am Tage,
- Verkehrsbedingungen an navigatorischen Brennpunkten.

Der Kapitän muss prüfen, ob Streckenabschnitte bei bestimmten vorherrschenden Bedingungen, wie z. B. schlechte Sicht, sicher befahren werden können. Außerdem sollte er prüfen, an welchen Punkten der Reise zusätzliches Deck- oder Maschinenpersonal erforderlich sein könnte.

Überwachung *(Monitoring)*

Der Reiseplan sollte jederzeit für die wachhabenden Offiziere auf der Brücke verfügbar sein. Die Fahrt des Schiffes sollte danach genau und ständig überwacht werden. Änderungen/Abweichungen vom Reiseplan sollten nur in Übereinstimmung mit den Richtlinien für die Reiseplanung erfolgen und sind zu dokumentieren.

1.2.2 Typische Unfallsituationen

In Kapitel 1.2.1 wurde auf die Notwendigkeit der Einführung von Richtlinien für die Reiseplanung aufgrund diverser Unfälle hingewiesen. Dazu drei Beispiele, die auch belegen, dass eine Ursache allein häufig noch nicht zum Unfall, z. B. zu einer Strandung, führt, sondern erst die Häufung von Unfallursachen, die nicht beachtet werden.

(1) Bahnkontrolle

Ein deutsches Containerschiff (Länge ca. 168 m, Breite 27 m, Tiefgang 7,30 m) steuerte abends gegen 22:00 Uhr einen Hafen in Brasilien an. Der Kapitän, der den Hafen zum ersten Mal anlief, übernahm gegen 22:10 Uhr die Führung des Schiffes vom 3. nautischen wachhabenden Offizier und war damit auch der *Officer Of the Watch* (*OOW)*, der für die Bahnführung und Bahnkontrolle zuständig und verantwortlich ist. Der 1. Offizier, der den Hafen schon viele Male angelaufen hatte und somit kannte, wurde nicht auf die Brücke geordert, obwohl er kurze Zeit später ohnehin zum Festmachen auf die Brücke kommen musste. Der 3. Offizier übernahm die Handsteuerung des Schiffes (will der Kapitän nicht bemerkt haben) und schickte den Rudergänger aufs Hauptdeck zum Klarmachen der Lotsentreppe. Ein Ausguck war nicht vorhanden. Das Echolot war nicht eingeschaltet! Das Schiff verfügte über zwei hochmoderne Radargeräte, auf denen zusätzlich auch die GPS-Position angezeigt wurde.

Zur Lotsenübernahme war die Geschwindigkeit auf ca. 6 kn verringert worden; das Schiff stand bei WNW-lichem Kurs seit 22:10 Uhr nördlich der Kurslinie, die Nordversetzung vergrößerte sich. Eine Kursänderung nach Backbord, um wieder auf die Kurslinie zu kommen, brachte keinen Erfolg. Stattdessen wurde eine Peilung um 22:24 Uhr, die das Schiff wieder näher an der Kurslinie zeigte, vom Kapitän mit einem Fragezeichen versehen. Die Peilung um 22:30 Uhr zeigte das Schiff wieder deutlich nördlich der Kurslinie und um 22:40 Uhr kam es zur Strandung am Fuß einer ca. 240 m hohen Insel und zum Totalverlust des Schiffes. Die Behörden verlangten ein Löschen der Ladung und ein Abwracken des Schiffes, es war also eine teure Angelegenheit.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Kapitän gab vor dem Seeamt Emden und dem Bundesoberseeamt Hamburg [1.2.7] an, er habe wegen schwerer Regengüsse nicht ordentlich peilen können (obwohl er ständig eine grüne Fahrwassertonne sah, die allerdings noch nicht in der Seekarte verzeichnet war). Das Eintragen eines GPS-Ortes wurde nicht vorgenommen, eine Erklärung dafür konnte der Kapitän nicht geben. Ein Schrammen über Grund wurde als „Flachwasserschwingung" gedeutet, eine Überprüfung mittels Echolot fand nicht statt. Zum Abschluss soll noch angeführt werden, dass lt. Seehandbuch zur Zeit des Anlaufens der Lotsenstation ein nördlicher Strom mit 2,5 bis 3 kn setzte, der aufgrund der geringen Schiffsgeschwindigkeit von ca. 6 kn auf keinen Fall unberücksichtigt bleiben durfte.

Fazit: Es war zwar eine grobe Reiseplanung bis zum Lotsen durchgeführt worden, die aber zum einen unvollständig war (Strom) und zum anderen nicht ausreichend überwacht wurde. Die diversen Fehler bzw. Verstöße gegen die Regeln guter Seemannschaft ergeben sich aus dem vorstehenden Text.

(2) Lotsenübernahme

Ein Containerschiff (Länge ca. 208 m, Breite ca. 30 m, Tiefgang vorne 9,40 m und achtern 10,5 m) steuerte die Elbmündung frühmorgens bei Dunkelheit an, die Reiseplanung erfolgte bis zu der in der Seekarte eingetragenen Lotsversetzposition. Der Lotsversetzer lag nicht auf dieser Position, sondern ca. 3 sm weiter flussaufwärts zwischen den Tonnen 1 und 3. Dort machte der Kapitän Lee für die Lotsenversetzung, indem er das Schiff auf Wunsch des Lotsversetzers mit dem Steven in Richtung Südtonnenstrich drehte. Bei Windstärke 5 bis 6 Bft klappte die Lotsenübernahme erst im zweiten Anlauf. Als der Lotse auf der Brücke ankam, durchfuhr das Schiff gerade den Südtonnenstrich und strandete kurze Zeit später an der Nordkante von Scharhörn Riff. In der von der Wasserschutzpolizei sichergestellten Seekarte fanden sich eine Positionseintragung um 05:10 Uhr und eine Eintragung um 05:24 Uhr nach der Strandung, d. h., das Schiff fuhr 14 Minuten in der Elbmündung, ohne eine eindeutige Positionsfeststellung in der Seekarte zu haben. Zum Zeitpunkt der Lotsenübernahme befanden sich der Rudergänger und der Kapitän auf der Brücke, der 1. Offizier stand die ganze Zeit auf dem Hauptdeck zur Lotsenübernahme. Da der Kapitän eine gewisse Zeit lang die zweifachen Versuche der Lotsenübernahme beobachtete, hatte er keine Gelegenheit, die ihm jetzt obliegende Aufgabe des OOW wahrzunehmen und ständig die Position des Schiffes festzustellen. Somit entging ihm, dass sich das Schiff gefährlich dem Südtonnenstrich näherte. Außerdem hatte er versäumt, die erforderliche Reiseplanung zum Lotsversetzer kritisch fortzuführen und zu beurteilen. Dann wäre man mit dem Schiff besser nahe am Südtonnenstrich eingelaufen und hätte bei westlichen Winden das Schiff nach Norden aufgedreht, also weg vom Tonnenstrich. Es wäre dort genügend Zeit und Platz für die Lotsenübernahme vorhanden gewesen. Der Kapitän hätte unbedingt den Vorschlag des Lotsversetzers prüfen, bewerten und in diesem Falle davon abweichen müssen, zumal ihm auch noch eine Geschwindigkeit von 8 bis 10 kn zur gefahrlosen Lotsenübernahme empfohlen wurde. Außerdem hätte der 1. (oder ein anderer Offizier) auf der Brücke die laufende Positionsbestimmung bzw. Bahnkontrolle übernehmen müssen.

Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass der Kapitän rechtlich nicht verpflichtet war, über die in der Seekarte eingezeichnete Lotsenversetzposition elbaufwärts weiterzufahren. Die am Unfalltag elbaufwärts liegende Versetzposition war nicht wetterbedingt. Dagegen war der Lotsversetzer verpflichtet, die Versetzung an der vorgeschriebenen Position vorzunehmen. Indem der Kapitän weiterfuhr, musste von ihm zügig eine neue Reiseplanung (neuer Kurs, Lotsenübernahmestrategie, ggf. mit dem Lotsversetzer abgesprochen) vorgenommen werden, was offensichtlich misslang. Ziffer 2.1.7 der Richtlinien für die Reiseplanung sieht einen Informationsaustausch bei einer Lotsenübernahme zwingend vor [1.2.8].

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) *Wheel-Over-Point*

Als besonders schwierig erweist sich die Reiseplanung auf einem Revier, wenn in Absprache mit dem Lotsen die Einleitung von Kursänderungen in die Seekarte eingezeichnet werden müssen (sogenannter *WOP* (*Wheel-Over-Point*)) bzw. auch die Einleitung von Maschinenmanövern zur Reduzierung der Geschwindigkeit. Beides ist in den Ziffern 3.2.4 und 3.2.5 der Richtlinien für die Reiseplanung als Sollbestimmung vorgeschrieben, d. h. der Kapitän muss ggf. nachweisen, warum er davon abgewichen ist und welche andere gleichwertige Planung er vorgenommen hat.

Ein Containerschiff (Länge ca. 277 m, Breite ca. 40 m, Tiefgang achtern 13,4 m) fuhr elbaufwärts nach Hamburg. Eine größere Gesamt-Kursänderung (38 °) war in der Seekarte in zwei kleinere Kursänderungen aufgeteilt worden: 15 ° und nach ca. 2.400 m weitere 23 °, verbunden durch eine sogenannte Zwischenradarlinie, um die Bahnführung tiefgehender Schiffe an dieser Stelle besser kontrollieren zu können. Da die erste Backbord-Kursänderung zu spät eingeleitet wurde, sackte das Schiff bei relativ hoher Geschwindigkeit (ca. 16 kn Fahrt über Grund, ca. 14 kn Fahrt durchs Wasser) lt. Aufzeichnungen der Revierzentrale kräftig nach Steuerbord durch, außerdem verursachte das zusätzlich weiter nach Steuerbord zum Ufer hin ausschlagende Heck eine ca. 2 m hohe Welle, die einen Anleger überspülte und hohen Sachschaden verursachte. In der Seekarte fand sich weder ein Eintrag darüber, wann das Ruder nach Backbord zu legen war, noch darüber, wann die Geschwindigkeit des Schiffes verringert werden musste. Bei dieser Gelegenheit sei auch darauf hingewiesen, dass niemand nach achtern schaute und somit niemand die sich bildende Hecksee beobachtete. (Zur Windrichtung und -stärke gab es folgende Angaben: Lotse WSW zunehmend Bft 9, achterlicher Weststurm; Schiffstagebuch W Bft 4, abnehmend Bft 3; Deutscher Wetterdienst gutachterlich W-lich Bft 5, einzelne Böen Bft 6 [1.2.9].)

Das Festlegen von *Wheel-Over-Points* bzw. von Punkten zur Geschwindigkeitsreduzierung gehört sicher zu den schwierigsten Aufgaben eines Kapitäns, da ihm für diese Aufgaben keine Aufzeichnungen zur Verfügung stehen. Im Brückenposter angegebene Werte für Drehkreise und Stoppstrecken stammen in der Regel von der Werftprobefahrt über tiefem Wasser und in Ballast- bzw. halbbeladenem Zustand. Fährt das Schiff auf flachem Wasser, was auf einem Revier in aller Regel zutrifft, sind bekanntermaßen Drehkreis und Stoppstrecke erheblich größer; hinzukommt häufig noch ein vollbeladener Zustand des Schiffes. Hier sind also Phantasie und Erfahrung des Teams Kapitän/Lotse gefragt. Zwar könnten Drehkreise und Stoppstrecken in vollbeladenem Zustand vom Kapitän im Betrieb des Schiffes festgestellt werden, das ist vorgeschrieben, wird aber kaum ausgeführt. Das betrifft aber nicht Situationen, in denen sich die Wassertiefe unter dem Schiff häufiger ändern kann. Auf Letzteres wird an späterer Stelle noch einmal eingegangen.

1.2.3 Die praktische Umsetzung der Richtlinien für die Reiseplanung an Bord

Die wesentlichen Grundsätze der praktischen Umsetzung der Reiseplanung werden im Folgenden erläutert. Auf die Aspekte der meteorologischen Reiseplanung wird im Kapitel 8.8 Meteorologie ausführlich eingegangen.

(1) Funktion und Ziele der Reiseplanung

Die nautisch-navigatorische Vorplanung der Bahn des Schiffes für die beabsichtigte Reise *(Passage Planning)* gehört – in der Verantwortung des Kapitäns – unverzichtbar zu einer gründlichen und umfassenden Reisevorbereitung. Mit der qualifizierten Reiseplanung erfüllt der

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Kapitän seine seemännische Sorgfaltspflicht gegenüber Schiff, Ladung, Besatzung und Umwelt; er entspricht damit auch den Vorschriften zur Sicherung der Seefahrt und zum Schutz des menschlichen Lebens auf See. In aller Regel wird die Reiseplanung durch den für die Navigation zuständigen Schiffsoffizier vorbereitet. Gemäß den in Kapitel 1.2.1 dargestellten Richtlinien soll der Reiseplan die Funktion eines zuverlässigen Sollmodells für die sichere Fahrt des Schiffes vom Abfahrts- zum Bestimmungsort übernehmen. Das geschieht vordringlich durch eine vorausschauende Abschätzung, welche Risiken im Zeitschema der Reise mit welchem Gefährdungsgrad für Schiff mit Besatzung und Ladung, sowie für die Umwelt auf dem beabsichtigten Reiseweg zu erwarten sein werden. Die Notwendigkeit der Planung von Reisen und Fahrten ist für alle Schiffe unerlässlich, weil die Ausarbeitung eines Reiseplans und dessen genaue und kontrollierte Umsetzung eine wesentliche Bedeutung für die Sicherheit des menschlichen Lebens auf See, für die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Schiffsführung und für den Schutz der Meeresumwelt hat.

Außerdem werden für den Kapitän und die Besatzung eines im internationalen Einsatz befindlichen Schiffes speziell geltende Anforderungen an die Reiseplanung im jeweils gültigen *Safety Management System* des Schiffes festgeschrieben [1.2.10], die entsprechend zu beachten sind. Es gibt aber durchaus eine Reihe von sogenannten „Nicht-*SOLAS*-Schiffen“, bei denen der *ISM Code* keine Anwendung findet und die sich ausschließlich nach den Richtlinien für die Reiseplanung richten müssen (in Deutschland z. B. Fähren zwischen den Nordseeinseln und Fischereifahrzeuge).

(2) Bewertung/Planung

Im Kapitel 1.2(3) „Bewertung *(Appraisal)*“ gehen die Richtlinien ausführlich auf die Risikobewertung und die damit verbundenen Probleme ein, danach (im Absatz „Planung *(Planning)*“ werden die wesentlichsten Planungselemente aufgelistet, die in einer dementsprechenden Reiseplanung zu berücksichtigen sind.

In der Reiseplanung muss eine befahrbare Reiseroute *(Intended Track)* gefunden und diese mit einem System aus Zeitpunkten und auszuführenden nautisch-navigatorischen Maßnahmen verknüpft werden, so dass während der Reise des Schiffes nach diesem Plan die in Kapitel 1.2.2 auszugsweise aufgeführten Kriterien erfüllt werden. Dabei ist naturgemäß der Arbeitsaufwand für die Reiseplanung in Küstengewässern erheblich höher, da hier vor allem neben Verkehrstrennungsgebieten mit ihrem Meldesystem und gesperrten Seegebieten auch allgemeine Schiffsmeldesysteme, nautische Warnnachrichten und diverse Wetterberichte verschiedener Küstenstationen zu berücksichtigen sind. Außerdem ist in küstennahen Gebieten die Planung der Kielfreiheit *(under-keel-clearance)* bzw. das ggf. langsame Überfahren von Flachwasserstellen bzw. Barren wie in der Zufahrt nach Antwerpen durch das Oostgatt bei der Steenbank zu berücksichtigen. Ein großes Containerschiff hat hier tiefgangsbedingt die Fahrt richtigerweise auf ca. 6 kn beim Überfahren reduziert, um die Squatauswirkung zu minimieren. Der OOW hatte aber in der Reiseplanung den quersetzenden Strom mit 2,5 kn nicht berücksichtigt. Das Schiff wurde plötzlich so stark seitlich versetzt, dass man sich nicht mehr von einer Leuchttonne freimanövrieren konnte, die zwischen Propeller und Ruderhacke eingeklemmt wurde.

Die wachhabenden Offiziere müssen bei der Arbeit mit dem Reiseplan sowohl in der Wachvorbereitung als auch während der Wache jederzeit Klarheit darüber haben, was sie bei festgestellten Fehlern oder Mängeln des Planes zu unternehmen haben und wie sie sich bei einer festgestellten oder unumgänglichen Abweichung des Schiffes von der geplanten Bahn zu verhalten haben. Sie müssen im Plan erkennen, welche navigatorischen oder sonstigen Anforderungen zu beachten sind.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Ergänzend dazu wird der Reiseplan auch für die Aufrechterhaltung der Seetüchtigkeit während der Reise benötigt, so z. B. für die Kalkulationen des zulässigen Freibords und der erforderlichen Mindeststabilität oder für die Planung von notwendigen Ver- und Entsorgungsleistungen, wie z. B. die Frischwassergewinnung, Ballast- und Schmutzwasseroperationen und Ähnliches.

Nicht zuletzt soll der Reiseplan auch der Klärung oder der Bewertung rechtlich relevanter Sachverhalte, wie z. B. einer Bahndeviation – gerechtfertigt oder nicht (z. B. bei schlechtem Wetter) – oder für eine plausible Rekonstruktion des tatsächlichen oder wahrscheinlichsten Bahnverlaufs dienen. Er wird auch als Stütz- und Steuerelement für bestimmte Prozesse des elektronischen Datenhandling und Datenrecording benötigt.

Ausgehend von dieser überaus komplexen Funktionalität des Reiseplans hat sich für ihn praktisch eine dreigliedrige Struktur durchgesetzt, bestehend aus

- dem beabsichtigten Reiseweg des Schiffes, dargestellt in speziell ausgewählten Seekarten (Papierseekarten oder Elektronische Seekarten) als *Planned Route/Intended Track* (dt.: „Kurs nach Karte“), ggf. ergänzt durch beigefügte Erläuterungen *(Passage Planning Note Book)*,
- dem auf der Route beabsichtigten oder einzuhaltenden Reise-Zeitplan *(Voyage Schedule)*,
- schriftlichen und mündlichen Anweisungen und Erläuterungen zur Ausführung des Reiseplans *(Instructions, Master's Standing Orders* und *Bridge Order Book)*.

(3) Die Route im Reiseplan

Das Kernelement des Reiseplans bildet die lückenlose Planung der Reiseroute vom Abfahrtsort *(point of departure)* hin zum Ziel- oder Ankunftsort *(point of destination)*, und zwar von Pier zu Pier *(berth to berth)*. Das gilt auch für ein Verholen im Hafen! Geführt wird die Reiseroute über eine unterschiedlich große Anzahl von Zwischenpunkten *(way points* oder *points of interests)*, mit denen Ereignisse unterschiedlichster Art (Kursänderungen, Einleitung von Manövern mit dem Schiff (z. B. Festlegen von Kursänderungspunkten und einzuleitenden Rudermanövern unter Berücksichtigung der Fahrtgeschwindigkeit) oder von bestimmten Vorsichtsmaßnahmen bezüglich zu erwarteter Risiken an der Route, Ausführung von speziellen Kommunikationsanforderungen u. a. m.) verbunden sind.

Bei der Routenplanung auf den Ozeanen sind die entsprechenden Wetter-, Strom- und Routenkarten zu berücksichtigen wie z.B. *Atlas of Pilot Charts North Atlantic Ocean* oder *Atlas of Pilot Charts North Pacific Ocean* [1.2.11]. In diesen Unterlagen findet man monatsweise alle meteorologisch wichtigen Hinweise bis zur Häufigkeit von Stürmen bzw. tropischen Wirbelstürmen einschließlich Wahrscheinlichkeit bzw. Häufigkeit ihres Auftretens (siehe Abb. 1.2.3). Die Abbildung zeigt einen kleinen Teil des Nordatlantiks östlich Neufundlands im Monat September u. a. mit eingezeichneten

- Großkreisen (schwarz) und der entsprechenden Distanz,
- Windrosen (blau), die die Häufigkeit und Stärke der verschiedenen Windrichtungen angeben,
- Oberflächenströmen (grün) mit Angabe der mittleren Stromstärke,
- Eisberggrenzen (schwach rot) unter der Küste,
- Wellenhöhen (dicke rote Linien) von 12 Fuß und mehr, angegeben in verschiedenen Prozenten.

Weitere Einzelheiten, u. a. Häufigkeit von tropischen Wirbelstürmen, sind direkt dem Monatsblatt der *Pilot Charts* zu entnehmen. Ein weiteres Beispiel ist in Kapitel 8.6 dargestellt.

Bei der Planung einer Reise in Küstengewässern und Revieren sind Seekarten mit großem Maßstab zu benutzen. Analog zu den Routenkarten auf den Ozeanen sind auch hier Wege-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

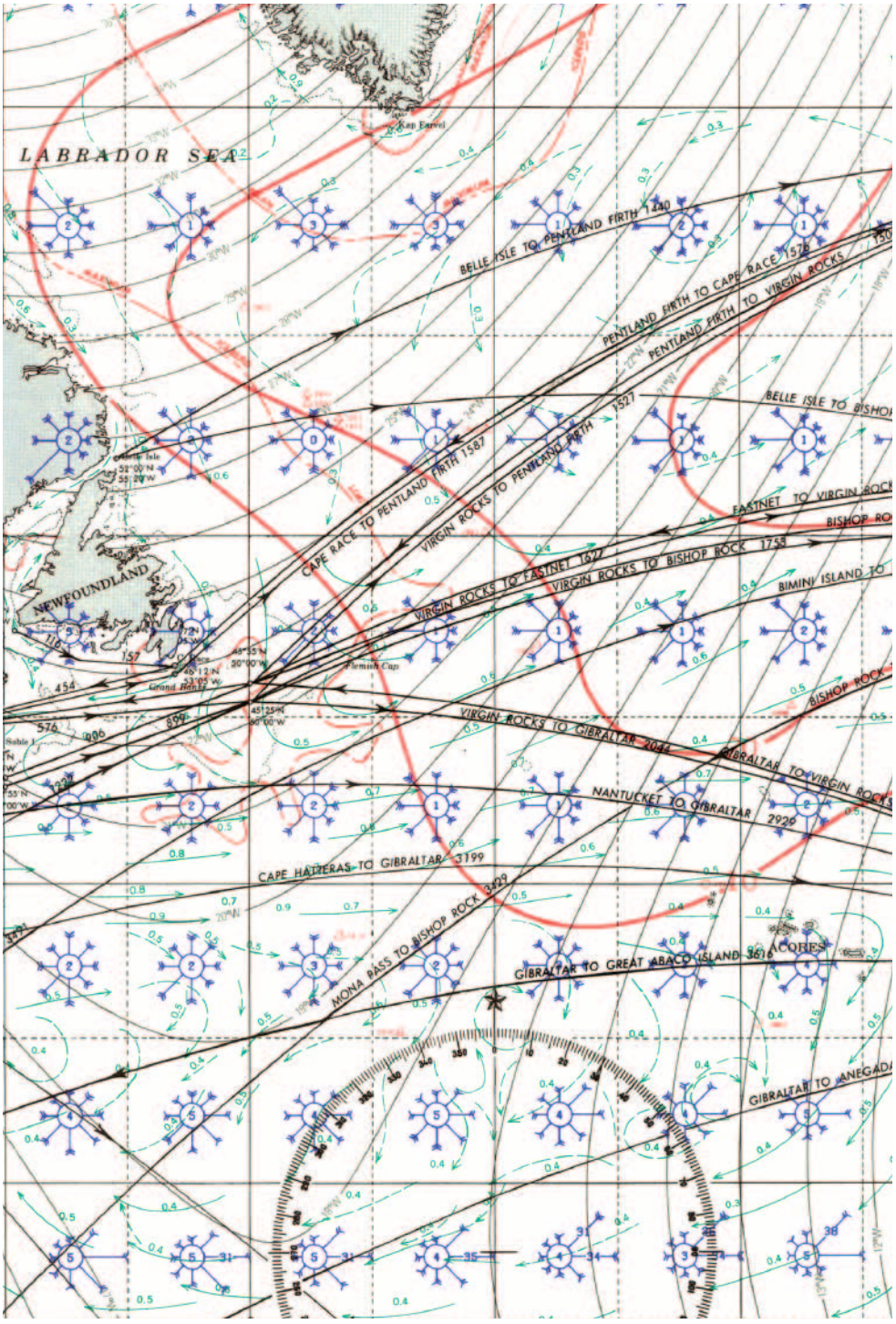

LABRADOR SEA
NEWFOUNDLAND
BELLE ISLE TO PENTLAND FIRTH 1240
PENTLAND FIRTH TO CAPE RACE 1578
PENTLAND FIRTH TO VIRGIN ROCKS
CAPE RACE TO PENTLAND FIRTH 1587
VIRGIN ROCKS TO PENTLAND FIRTH
VIRGIN ROCKS TO FASTNET 1677
VIRGIN ROCKS TO BISHOP ROCK 1753
FASTNET TO VIRGIN ROCKS
BIMINI ISLAND TO
BISHOP ROCK
VIRGIN ROCKS TO GIBRALTAR 2941
GIBRALTAR TO VIRGIN ROCKS
NANTUCKET TO GIBRALTAR 2926
CAPE HATTERAS TO GIBRALTAR 3199
MONA PASS TO BISHOP ROCK 3429
GIBRALTAR TO GREAT ABACO ISLAND 3610
AZORES
GIBRALTAR TO ANEGADA

Abb. 1.2.3: Auszug aus *Atlas of Pilot Charts North Atlantic Ocean* September

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

führungskarten für die Reiseplanung zu benutzen, wie z. B. die bereits erwähnte *Chart 5500 Mariners' Routeing Guide English Channel and Southern North Sea* [1.2.2].

Die Route ist grafisch in offizielle und aktuelle, d. h. auf dem neuesten Stand befindliche, Seekarten (Papierseekarte oder elektronische Seekarte) einzutragen. Dabei sind die aktuellen Seehandbücher, Leuchtfeuerverzeichnisse und sonstige Informationsquellen, auch reedereieigene Berichte von anderen Kapitänen, sorgfältig zu berücksichtigen. Es ist absolut unzulässig, in Seekarten zu planen und danach zu navigieren, die einen Stempelaufdruck tragen: *„Not for navigational use"*, wie dieses bei einer Bodenbeschädigung eines Passagierschiffes festgestellt wurde. Das Gleiche gilt für Seekarten, die aus Zeitgründen noch nicht berichtigt werden konnten.

In alle benutzten Seekarten müssen die letzten verfügbaren nautischen Warnnachrichten eingearbeitet sein, die entweder über die *Notices to Mariners* oder über Funk empfangen wurden. Einzelheiten zum praktischen Vorgehen beim Entwerfen einer Route werden im Kapitel 2.1 „Terrestrische Navigation" und 4.1 „Arbeiten mit der elektronischen Seekarte" in diesem Buch näher behandelt.

Des Weiteren steht mit den *Route Planning*-Funktionen der ECDIS-Anlagen, einschließlich ihrer „Routencheck"-Funktionen (siehe Kapitel 4, speziell 4.1.6 „(ECDIS)-Funktionen zur Reiseplanung"), ein gut nutzbares Instrumentarium für die sichere Routenplanung zur Verfügung. Diese Anlagen müssen allerdings von den entsprechend ausgebildeten Nautikern, zudem mit kritischem Sachverstand und der Kenntnis der Leistungsgrenzen verschiedener Anlagen, bedient werden. Die Beschreibungen und Hinweise zu den Planungsfunktionen in den Betriebsanleitungen sind dabei sorgfältig zu beachten. Zweckmäßigerweise sollten durch den Kapitän die Befugnisse zum Ändern und Speichern, sowie zum Aufrufen und Anwenden der navigatorischen Routen als *Intended Track* als Teil der Reiseplanung verbindlich geregelt sein. Im Übrigen wird auf die Ausführungen in Kapitel 4 zur Benutzung von ECDIS verwiesen.

Größte Vorsicht bzw. Aufmerksamkeit ist geboten beim Wechsel von der Papierseekarte zur ECDIS oder umgekehrt, um Übertragungsfehler und daraus resultierende falsche Schlüsse zu vermeiden.

(4) Zeitangaben im Reiseplan

Der geplanten Route mit ihren einzelnen räumlichen Abschnitten liegt in der Regel ein mehr oder weniger tabellierter Zeitplan *(Voyage Schedule)* zugrunde. Die Zeitangaben bzw. Zeitpunkte des Zeitplanes sind mit Bahnpunkten verknüpft, so z. B. dem Abfahrtsort mit einer beabsichtigten Abfahrtszeit *(Planned Time of Departure)* und dem Zielort mit einer geplanten Ankunftszeit *(Planned Time of Destination)*, außerdem mit allen oder einigen Zwischenpunkten mit jeweils einer geplanten Ankunftszeit *(Planned Time of Arrival)* oder Ereigniszeit *(Planned Time of Event)*. Sofern diese Zeitpunkte nicht als Zeitpunktvorgaben festgelegt sind, müssen sie in der Planung über den Zusammenhang zwischen den Distanzen auf der geplanten Bahn (Gesamtdistanz oder Einzeldistanzen der Bahnabschnitte) und der Geschwindigkeit ermittelt („gekoppelt") werden. Daraus ergibt sich die Distanz, die vom Schiff gefahren werden kann oder die während der Reise eingehalten werden soll bzw. muss. Da die praktisch fahrbaren Geschwindigkeiten in einem Seegebiet sehr erheblich von den dort angetroffenen Bedingungen (Wassertiefe, Seegang, Wind und Wetter, Verkehrsdichte, Verkehrslenkungssysteme u. a.) abhängen, können praktisch die beiden Planteile „Route" und „Zeitplan" nur in gegenseitiger Abhängigkeit und Anpassung entworfen und gestaltet werden. Verdeutlicht wird dieser Zusammenhang nicht nur im Aufbau und in der Anwendung der traditionellen Koppeltabellen, sondern auch durch die Vorgehensweise beim Erstellen des Reise-Zeitplans in einem ECDIS, der in der Regel ohne die vorherige Zuweisung einer Route nicht bearbeitet werden kann.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(5) Anweisungen im Reiseplan

Generell liegt mit dem grafischen Eintrag der geplanten Reiseroute in die Reisekarten (Papierseekarten oder ECDIS-Systemkarten) und mit dem dazugehörigen Zeitplan die erste und grundsätzliche Kapitänsanweisung an das Brückenteam zur sicheren und effektiven navigatorischen Führung des Schiffes zwischen Abgangs- und Zielort der Reise vor. In diesem Sinne ist die Pflicht zur Einhaltung einer vom Kapitän genehmigten Bahn in allen einschlägigen Wachdienstvorschriften für Nautiker verankert. In der Regel muss der Reiseplan durch nautische Anweisungen ergänzt werden, insbesondere dann, wenn mehrere Nautiker als wachhabende Offiziere zu unterschiedlichen Zeiten für die Umsetzung des Reiseplanes verantwortlich sind, wenn sehr vielfältige und nautisch komplizierte Reiseanforderungen zu erwarten sind oder beispielsweise, wenn die wachhabenden Offiziere auf bestimmten Bahnabschnitten oder an bestimmten Bahnpunkten während der Wache

– besonders aufmerksam gegenüber bestimmten Risikoerscheinungen sein müssen (hierzu gehört auch das Durchfahren von Krisengebieten),
– bestimmte Maßnahmen durchzuführen haben, wie z. B. Fahrt- oder Kursänderungen, externe oder interne Kommunikationsleistungen, Kontroll- oder Steueraktivitäten auf den verschiedenen Ebenen des Schiffsbetriebes oder an den benutzten technischen Systemen im Brückenbetrieb, aber auch spezielle Vorbereitungen zu treffen sind, wie z. B. für Lotsenübernahmen, für den Einsatz des Ankergeschirrs, Umstellungen im Schiffsbetrieb u. a. m.,

oder der Gebrauch der verfügbaren nautischen Brückensysteme besondere Anweisungen erfordert, wie z. B. die Methodik der Positionskontrolle, der geordnete Einsatz der ECDIS-Anlagen, der Radaranlagen, von AIS usw.

Solche Anweisungen können als Einträge oder Kommentare sowohl im Routenplan (in der Papierseekarte oder zur ECDIS-Route) oder im Zeitplan erscheinen.

Die Anweisungen zum Reiseplan müssen in jedem Falle die Unterschrift des Kapitäns tragen.

(6) Hinweise zum Erstellen eines Reiseplans

Ziel ist es, mit einem sachgerechten Aufwand einen einfachen und klaren Reiseplan zu erstellen, der den Zielen der Richtlinien für die Reiseplanung gerecht wird. Wie und mit welchem Aufwand eine Reiseplanung erarbeitet wird, hängt letztlich von den konkreten Reisebedingungen im Verlauf jeder einzelnen Reise ab. Zu berücksichtigen sind u. a.

– der Betriebszustand eines Schiffes während der Reise, Besonderheiten in seiner Handhabung, sowie die Art seiner Beladung und der Grad der Beherrschung der unvermeidbaren Risiken in der Stauung, Sicherung und im Gefahrgutbereich,
– Art der Reise nach ihrer Strecke, Dauer und den in der Reisezeit zu erwartenden Fahrtgebietsbedingungen, auch klimatologischer Art (z. B. Sturm, unsichtiges Wetter, Eis, Vereisungsgefahr),
– das für die Reise verfügbare Schiffsführungspersonal, dessen Leistungsvoraussetzungen und dessen Ausgeruhtheit und Belastbarkeit (Stichwort: Stress bzw. Übermüdung bei dichter Hafenfolge),
– Verfügbarkeit von navigatorischen Dienstleistungen längs der Route während der Reise und Möglichkeiten oder Bedingungen, unter denen sie in Anspruch genommen werden können oder müssen,
– spezielle Reedereianweisungen wie generelles Fahren mit reduzierter Geschwindigkeit (sogenanntes *slow steaming*) oder Fahren mit absoluter Höchstgeschwindigkeit in Seegebieten, in denen z. B. mit Piratenüberfällen gerechnet werden muss.

Diese und alle anderen Reisebedingungen können sich ständig sowohl von Reise zu Reise oder auch während ein und derselben Reise ändern und sie stehen sowohl untereinander als

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

auch zu den zu erwartenden Risiken und Gefahrenlagen in ständigen Wechselbeziehungen. Auch deshalb wird in den bereits erwähnten Richtlinien für die Reiseplanung der IMO nachdrücklich das Augenmerk der Nautiker auf eine eigene planerische Vorbewertung der in der Reisezeit am Reiseweg zu erwartenden Risiken der Seefahrt gelenkt.

Zu beachten sind bestimmte Werteangaben, insbesondere zu Wasserständen, Strömungen, Wetter, Wind und Wellen, deren statistische Aufbereitung und die dazugehörigen Aussagen zu den Eintrittswahrscheinlichkeiten. Letzteres gilt auch für alle lang- und mittelfristigen Bedingungsprognosen, z. B. Wetter- und Seegangsprognosen.

Reedereien, die immer wieder bestimmte Häfen anlaufen, haben in ihren Unterlagen zusätzlich zu den Seehandbüchern diverse Kapitänsberichte über bestimmte Besonderheiten wie z. B. das Anlaufen von Häfen, Lotsenübernahmen, Möglichkeiten des An- und Ablegens mit und ohne Schlepper an bestimmten Anlegestellen. Es ist selbstverständlich, dass diese Unterlagen allen Reedereischiffen zur Verfügung gestellt werden, wobei diese natürlich auf jeder Reise unter den gegebenen Umständen neu bewertet werden müssen.

(7) Reiseplanung zur Lotsenübernahme

Schwerpunktmäßig soll bei der Reiseplanung und Bewertung die Lotsenübernahme berücksichtigt werden. In den Richtlinien für die Reiseplanung wird in den in Betracht zu ziehenden Punkten ausdrücklich auf die Lotsenübernahme und -abgabe und den Informationsaustausch zwischen Kapitän und Lotse verwiesen. Es hat sich weltweit eingebürgert, einem auf einer Lotsenstation ankommenden Schiff externe Empfehlungen seitens des Lotsversetzers für die Übernahme des Lotsens bzw. eine Lotsenabgabe zu geben. Wie aus dem in Kapitel 1.2.2(2) dargestellten Unfall hervorgeht, ist zunächst eine Reiseplanung und Bewertung für das Anlaufen der in der Seekarte eingezeichneten Lotsenversetzposition vorzunehmen. Dabei muss sich der Kapitän ausführlich über die örtlichen Gegebenheiten wie Wassertiefe, zur Verfügung stehender Seeraum, Wind- und Stromrichtung, Schiffsverkehr, Möglichkeiten für ein „Lee machen“ usw. informieren. Besonders der zur Verfügung stehende Seeraum spielt dabei eine große Rolle. Dieser darf, je nach Schiffsgröße, nicht zu knapp bemessen sein. Zum einen können Lotsenübernahme- bzw. -abgabemanöver wesentlich länger dauern, als ursprünglich angenommen, weil z. B. das Lotsenversetzboot mehrere Anläufe fahren muss (Seegang, Wellenhöhe), um den Lotsen gefahrlos absetzen zu können. Zum anderen ist es häufig erforderlich, dass das Seeschiff eine Geschwindigkeit z. B. von 8 bis 10 kn (oder auch mehr) durch das Wasser laufen muss, damit sich moderne Lotsenversetzboote an der Bordwand genügend lange halten können. Auch hierfür wird ausreichender Seeraum benötigt, um diese Manöver gefahrlos durchführen zu können und um anschließend noch Platz zu haben, das Schiff wieder auf Kurs zu bringen.

Alle Empfehlungen des Lotsversetzers (das sind keine Anweisungen!) sind vom Kapitän sorgfältig zu prüfen und zu bewerten und ggf. zu korrigieren, wenn er sie für sein Schiff in einem bestimmten Beladungszustand oder aufgrund anderer Erkenntnisse für nicht zweckmäßig hält. Dies ergibt sich schon zwangsläufig aus der Erkenntnis heraus, dass ein Lotsversetzer das Seeschiff mit seinen Manövriereigenschaften usw. nicht so gut kennen und beurteilen kann wie dessen Kapitän. Bei einem Lotsenübernahmemanöver muss die Position des eigenen Schiffes jederzeit festgestellt werden, um rechtzeitig einem Verlassen der vorgesehnen Route entgegenwirken zu können. Die Brücke muss deshalb entsprechend besetzt sein, d.h. neben dem Kapitän muss ggf. ein zweiter Nautiker auf der Brücke anwesend sein, um diese Bahnkontrolle durchführen zu können, wenn der Kapitän diese Aufgabe nicht allein wahrnehmen kann. Bei Dunkelheit ist entsprechend KVR zusätzlich noch ein Ausguck auf der Brücke erforderlich.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Liegt der Lotsversetzer auf einer Position weiter flussaufwärts (auf einer „Innenposition“, z. B. bei schlechtem Wetter), ist die Reiseplanung besonders sorgfältig weiterzuführen. Dabei sollte der über UKW eingeholte Rat des späteren Bordlotsens durchaus mit in Anspruch genommen werden, um Gefahren zu minimieren. Aber auch hier gilt die Pflicht zu einer sorgfältigen Bewertung der Vorschläge (siehe auch Kapitel 1.3 „Navigieren mit einem Lotsen an Bord“). Weiterhin sollte der Kapitän für sich einen sogenannten *Point of no Return* in der Seekarte festlegen, also einen Punkt, an dem das Schiff noch gefahrlos nach See gedreht werden kann, falls eine Lotsenübernahme nicht mehr möglich ist. In schwierigen Fällen sollte der Kapitän über UKW frühzeitig Kontakt mit dem späteren Bordlotsen aufnehmen, der auf besondere Aufforderung den Kapitän auch schon vor dem Anbordkommen beraten kann, z. B. unter Benutzung des Radargerätes auf dem Lotsversetzer.

Generell gilt für Deutschland: Teil bei der bei der VTS angesiedelten Verkehrsunterstützung (siehe Kap. 11.1) ist die landseitige Landradarunterstützung. Sie wird grundsätzlich von Lotsen erteilt und zwar in folgenden Fällen:

– bei verminderter Sicht (Nebel, Schnee usw.),
– bei Sturm, wenn die Lotsenversetzschiffe auf Innenposition liegen,
– als Objektberatung für ein einzelnes Fahrzeug aufgrund einer schifffahrtspolizeilichen Auflage oder nach Anforderung durch Kapitän/Lotse (z. B. sehr große Containerschiffe),
– bei starkem Eisgang und damit verbundenem Einzug der regulären Betonnung.

Primäres Ziel der Verkehrsunterstützung ist es, den Fahrzeugen sowohl Informationen hinsichtlich ihrer Position im Fahrwasser als auch des unmittelbar umgebenden Verkehrs zukommen zu lassen.

Die Unterstützung richtet sich in erster Linie an den Lotsen, der die Beratung an Bord eines Schiffes ausführt., bei von der Lotspflicht befreiten oder nicht lotspflichtigen Schiffen wird der Kapitän beraten. Bei Schiffen ohne Lotsen wird z. B. bei wetterbedingt zurückgezogener Lotsenversetzposition der Kapitän bis zur Lotsenübernahme beraten.

So gibt z. B. bei schwierigen Wetterbedingungen der Landradarberater dem Schiff bei der Ansteuerung des Lotsversetzers ständig seine Position im Fahrwasser durch. Dieses geschieht entfernungsmäßig z. B. in Längsrichtung bezogen auf vorausliegende Fahrwassertonnen oder auf Schnittpunkte von in der Seekarte eingezeichneten Schnittpunkten von Radarlinien und in Querrichtung der seitliche Abstand bezogen auf Radarlinien oder den Tonnenstrich (zur Genauigkeit dieser Angaben wird auf Ziffer 9 des Kapitels 1.4 verwiesen).

Da ein Lotse noch nicht an Bord ist, sind die Empfehlungen des Landradarberaters vom Kapitän besonders sorgfältig zu prüfen und bewerten.

1.3 Navigieren mit einem Lotsen an Bord

Wenn der Lotse an Bord gekommen ist und die Brücke erreicht hat, wird er in das BRM einbezogen. Die Anwesenheit eines Lotsen ändert die Struktur des Brückenteams nicht grundsätzlich. In die existierende Struktur des Teams (Kapitän, OOW bzw. Wachoffizier, Rudergänger, Ausguck usw.) muss der Lotse als Berater integriert werden. Dieses ist ein ausgesprochen sensibler Bereich und muss, manchmal je nach Fahrtgebiet und Hafen, mit dem notwendigen Fingerspitzengefühl umgesetzt werden. Die Einbindung des Lotsens in das Brückenteam ist mittlerweile international üblich (siehe *Bridge Procedure Guide*, Abschnitt 6) [1.1.1].

Die Verantwortung des Kapitäns bzw. des wachhabenden Offiziers ändert sich durch die Anwesenheit eines Lotsen nicht. Auch die Verpflichtung des Kapitäns bzw. des OOW, das Schiff sicher

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

zu führen, bleibt unverändert. Abhängig von verschiedenen Faktoren (Wissen und Erfahrung des Kapitäns, Qualität seiner Reisevorbereitung, seemännische Anforderungen des Reviers, lokale Besonderheiten usw.) ist er mehr oder weniger stark auf die Beratung des Lotsen angewiesen.

Diese Verfahrensweise basiert auf dem *STCW Code* [1.3.1] und ist verbindliches Recht. So heißt es in Abschnitt A-VIII/2, Teil 3-1 (1.5.1.1.1) Anordnungen und zu beachtende Grundsätze für den Wachdienst:

„Fahren mit einem Lotsen an Bord
Ungeachtet der Pflichten und Aufgaben der Lotsen befreit deren Anwesenheit an Bord den Kapitän oder den nautischen Wachoffizier nicht von deren Pflichten und Aufgaben in Bezug auf die Sicherheit des Schiffes. Der Kapitän und der Lotse unterrichten sich gegenseitig über die Manöver, die örtlichen Verhältnisse und die Eigenschaften des Schiffes. Der Kapitän und/oder der nautische Wachoffizier arbeiten eng mit dem Lotsen zusammen und behalten die Position und die Bewegungen des Schiffes genau unter Kontrolle.
Bestehen Zweifel hinsichtlich der Maßnahmen oder Absichten des Lotsen, so muss der nautische Wachoffizier beim Lotsen um Klärung nachsuchen, und falls die Zweifel nicht ausgeräumt sind, muss er den Kapitän unverzüglich unterrichten und bis zu dessen Eintreffen alle erforderlichen Maßnahmen einleiten."

In Deutschland ist im Gesetz über das Seelotswesen vom 13.9.1984, zuletzt geändert 31.08.2015, im Paragrafen 23 [1.3.2] u. a. festgelegt:

„(1) Der Seelotse hat den Kapitän bei der Führung des Schiffes zu beraten. Die Beratung kann auch von einem anderen Schiff oder von Land aus erfolgen.
(2) Für die Führung des Schiffes bleibt der Kapitän auch dann verantwortlich, wenn er selbständige Anordnungen des Seelotsen hinsichtlich der Führung des Schiffes zulässt."
(3) Werden mehrere Seelotsen tätig, so wird der Kapitän nur durch einen von ihnen beraten, die übrigen Seelotsen unterstützen ihn dabei. Vor Aufnahme der Tätigkeit ist dem Kapitän mitzuteilen, wer als beratender Seelotse tätig wird.
(4), (5) …

Mit der vorstehenden Ziffer 3 sind insbesondere die Situationen gemeint, wo z. B. auf sehr großen zwei (oder mehr) Lotsen an Bord gehen. Ein Lotse ist der „Fahrlotse", der andere unterstützt.

Damit ist die Rollenverteilung im Team eindeutig. Der Kapitän bzw. der wachhabende Offizier ist der Teamleiter und der Lotse sein Berater.

Zu einer gut funktionierenden Struktur gehört natürlich auch, dass die Teammitglieder den Teamleiter unaufgefordert kontinuierlich informieren, z. B. den OOW über die Ergebnisse seiner Schiffsführung.

Damit ein Team während der Lotsenberatung ohne Missverständnisse arbeiten kann, muss der Kapitän dem wachhabenden Offizier und Rudergänger erläutern, wie er den Lotsen integriert.

- Erlaubt er ihm, direkte Kursanweisungen an den Rudergänger zu geben (jeweils ohne eigene Wiederholung bzw. Wiederholung durch den OOW)?
- Wiederholen er bzw. der OOW diese Anweisungen grundsätzlich vor der Ausführung durch den Rudergänger?
- Wiederholen er bzw. der OOW sie in schwierigen Situationen, um dem Rudergänger eine Veränderung der Situation auf diese Weise mitzuteilen?
- Gibt er nur dann Anweisungen, wenn er die Empfehlungen des Lotsen nicht bzw. nicht mehr akzeptiert?

Dies muss der Kapitän seinem Team mitteilen, damit es zu keiner Zeit eine unklare Situation mit dem Rudergänger gibt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Unter den gegenwärtig in der Schifffahrt üblichen Bedingungen übernimmt der Lotse die Kommunikation mit den Schlepperführern und anderen beteiligten Landstellen. Es würde dem Kapitän die Kontrolle und Beurteilung der angewiesenen Schleppermanöver erheblich erleichtert werden, wenn auf den Revieren ausschließlich Englisch gesprochen würde. Da dies aber vielfach nicht der Fall ist, sollte der Kapitän seinen Reiseplan, einschließlich der Anzahl und der erforderlichen Manöver der Schlepper, mit dem Lotsen intensiv besprechen, um auf die Manöver vorbereitet zu sein und notfalls eingreifen zu können. Der OOW ist auch auf einem Revier nach den Richtlinien für die Reiseplanung verpflichtet, die Bahnkontrolle des Schiffes vorzunehmen, d. h. durch Peilungen oder andere Maßnahmen die Position des Schiffes festzustellen. Für viele Tankerreedereien ist dies schon seit vielen Jahren vom Charterer vorgeschrieben. Gemeinsam mit dem Lotsen müssen, vor allem auf tiefgehenden Schiffen, die Kursänderungspunkte bzw. die *Wheel-Over-Points* festgelegt werden, des Weiteren Punkte, an denen die Geschwindigkeit reduziert werden muss. Häufig besteht nicht genügend Zeit für diese wichtige Aufgabe oder aber die Lotsenposition lässt dies nicht zu (z. B. Lotse kommt zeitgleich mit den Schleppern, die sofort festgemacht werden müssen).

Die Integration des Lotsens in das auf dem Schiff bereits bestehende Brückenteam ist häufig eine besonders schwierige Aufgabe. Das Vorhandensein formaler Voraussetzungen allein gewährleistet nicht, dass der Lotse in das Brückenteam integriert wird. Um diesen Prozess erfolgreich zu bewältigen, muss der OOW dem Lotsen alle für eine erfolgreiche Beratung erforderlichen Informationen übergeben. Neben der Aushändigung einer sorgfältig ausgefüllten Lotsenkarte *(Pilot Card)* gehören dazu zwingend Informationen zu festgestellten oder möglichen Funktionsbeeinträchtigungen von Geräten und Anlagen auf der Brücke sowie eventuelle Probleme in der Maschine, aber auch die Drehrichtung eines eventuell vorhandenen Verstellpropellers (vor allem, wenn er „rechtsdrehend“ ist). Sehr wichtig ist die Information des Lotsen über die Mindestgeschwindigkeit des Schiffes *(minimum steering speed)* im aktuellen Beladungszustand bei bestimmten Wetter- und Windverhältnissen, um ein Schiff steuerfähig zu halten und um ein Aus-dem-Ruderlaufen zu vermeiden. Das kann bei starken achterlichen Winden (Bft 8 bis 10) und achterlichem Strom durchaus eine Geschwindigkeit durchs Wasser von 8 bis 10 kn sein. Ggf. muss man das gemeinsam, je nach Windeinfallrichtung, austesten.

Es sind weiterhin eindeutige Absprachen zur Nutzung der vorhandenen Geräte und Anlagen (vor allem des möglichst optimal eingestellten Radargerätes) sowie zur erforderlichen Kommunikation vorzunehmen. Andererseits hat der Lotse den OOW über eventuelle Besonderheiten auf der zu befahrenden Schifffahrtstraße zu informieren, wie neue Untiefen, Fahrwassersperrungen, Begegnungen mit tiefgangsbehinderten Schiffen, aktueller Tidenverlauf, zu erwartendes Wetter, Verfügbarkeit von Schleppern usw.

Zur erfolgreichen Bewältigung aller genannten Aufgaben müssen sich der Teamleiter und Lotse gut ergänzen. Keiner von beiden kann sich ein „Abschalten“ leisten. Diese Gefahr ist erfahrungsgemäß beim wachhabenden Offizier am größten. Unabhängig voneinander haben sie ihre Aufgaben und Verantwortung wahrzunehmen. Es gilt das Motto: Der Lotse kennt das Revier, der Kapitän das Schiff.

Bei zahlreichen Versegelungen in den Revieren, z. B. im Nord-Ostsee-Kanal, ist zu beobachten, dass der Kapitän nach der Ankunft des Lotsen die Brücke verlässt und seinen wachhabenden Offizier zurücklässt. Diese Offiziere nehmen häufig die Aufgaben des Teamleiters nicht wahr, sondern verhalten sich völlig passiv. Die Lotsen übernehmen dann freiwillig oder unfreiwillig die Rolle des Teamleiters, bedienen die Selbststeueranlage oder steuern selbst mit dem Handruder usw. Die rechtlichen Bestimmungen sehen diese Aufgaben und diese Verantwortung für den Lotsen nicht vor, sie bleiben in der ausschließlichen Verantwortung des Kapitäns bzw. OOW.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Im Allgemeinen muss der Kapitän unter den gegebenen Umständen die folgenden seemännischen Bedingungen erkunden, um über die Möglichkeit des Einlaufens entscheiden zu können:

- Einlauforder, zugewiesener Liegeplatz (schon frei?), Verfügbarkeit und Qualität der Lotsen sowie der Schlepper, die Lage der Lotsenposition,
- Art des Reviers (Barre, Fluss, Kanal) sowie seine Beschaffenheit (Wassertiefe, Fahrwasserbreite, Krümmungsradius usw.),
- Tiefgang des Schiffes (Lotsen beklagen oft, dass ihnen ein falscher Tiefgang mitgeteilt wird), seine Manövriereigenschaften einschließlich der Stärke und Verlässlichkeit des Bugstrahlruders,
- Wind, Seegang, Stand der Tide, Strömung, Kielfreiheit, Squat und die sich daraus ergebende sichere Geschwindigkeit.

Diese Faktoren erfordern eine gründliche Abwägung der von ihnen ausgehenden Anforderungen, der nötigen Sicherheitslimits und der Voraussetzungen des Schiffes und seiner Besatzung, sie zu bewältigen. In anderen Situationen führt eine unzureichende Reisevorbereitung z. B. durch fehlende Kalkulationen dazu, dass der Kapitän die Anweisungen von Behörden nicht beurteilen kann und ihnen kritiklos folgt. Er kann dann auch die Empfehlungen des Lotsen nicht kritisch bewerten.

Eine Besonderheit bedeutet das Fahren mit tiefgehenden Schiffen in einem Revier, wenn sich innerhalb des betonnten Reviers eine Tiefwasserrinne befindet, die selbst nicht besonders gekennzeichnet ist. Hier erfolgt die Wegeführung des Schiffes zusätzlich durch einen Landradarberater (in der Regel ein Lotse), der dem Schiff ständig seine Position in der tiefen Rinne nach seinem Landradar wiedergibt, bezüglich der Querrichtung im Fahrwasser meist bezogen auf eine in die Seekarte eingezeichnete Radarlinie (in der Regel in der Mitte der Tiefwassertrasse) und bezüglich der Längsrichtung Abstand zu Tonnen oder Schnittpunkten von Radarlinien. Die Angaben erfolgen in Metern. Eine Ungenauigkeit in der Entfernungsangabe von 10 bis 20 m, je nach Revier, ist einzuplanen (ist radarmäßig bedingt).

Hier wirkt, wie unter Ziffer 1.2.3 (7) dargestellt, zusätzlich zum Bordlotsen ein Lotse von Land aus mit, der sich insbesondere um die Bahnkontrolle des Schiffes kümmert. Das befreit den Kapitän bzw. OOW aber nicht von seiner Verpflichtung, sich ein eigens Bild von der aktuellen Position des Schiffes zu machen. Denn er muss mit dem Bordlotsen feststellen, wann z. B. in die Seekarte eingezeichnete Kurs- änderungspunkte erreicht sind, um die erforderlichen Maßnahmen einzuleiten. Wenn die Radarberatung in Landessprache erfolgt, ist der Lotse verpflichtet, die Informationen in englischer Sprache an den Kapitän bzw. OOW z. B. zur Überprüfung der Schiffsposition weiterzugeben.

Zunehmend wird von Lotsen ein tragbarer Computer, eine Portable Pilot Unit (PPU) bei der Lotsung benutzt (siehe hierzu Kap. 11.2). Bei Nutzung von PPUs ist ebenfalls ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen Lotse und Kapitän bzw. Wachoffizier erforderlich.

1.4 Maßnahmen entsprechend den Regeln guter Seemannschaft

In diesem Kapitel werden unter besonderer Berücksichtigung von Ergebnissen bei Unfalluntersuchungen zusätzliche Empfehlungen ausgesprochen.

(1) Einschalten des Echolots
Bei Ansteuerungen von Küsten, flachen Gewässern, Hafeneinfahrten, Lotsenübernahmepositionen und dem Fahren in Revieren ist stets das Echolot einzuschalten und angemessen zu beobachten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Bahnkontrolle mit verschiedenen Navigationsverfahren
In navigatorisch schwierigen Gewässern sind, wenn möglich, stets mindestens zwei Verfahren zur Bahnkontrolle bzw. Feststellung der Schiffsposition einzusetzen (z. B. GPS und Radar, ggf. mit einer Plausibilitätskontrolle durch die Echolotung).

(3) Erfahrener Offizier beim Anlaufen eines Hafens auf der Brücke
Wenn ein Kapitän zum ersten Mal einen Hafen ansteuert, ein anderer Schiffsoffizier diesen Hafen aber bereits kennt, empfiehlt es sich, diesen Schiffsoffizier mit auf die Schiffsbrücke zu holen, zumindest bis der Lotse an Bord ist. Dies gilt insbesondere bei Dunkelheit.

(4) Bahnkontrolle bei Lotsenübernahmen
Bei Lotsenübernahmen, die die Aufmerksamkeit des Kapitäns besonders beanspruchen, z. B. beim Beobachten des Lotsenbootes nahe der Bordwand bei Seegang, muss dafür Sorge getragen werden, dass ein Schiffsoffizier die Bahnkontrolle bzw. Position des Schiffes überwacht.

(5) Eingeschränkt verfügbare Manövrierunterlagen über flachem Wasser
Es ist allgemein bekannt, dass die Manövrierdaten im Brückenposter *(Wheelhouseposter)* [1.4.1, 1.4.2] auf Werftprobefahrten aus diversen Gründen möglichst bei ruhigem Wetter über tiefem Wasser erstellt werden. Diese Situation ist beim Ansteuern von Lotsenpositionen/Häfen bzw. auf Revieren häufig nicht gegeben (flaches Wasser, Windeinfluss auf große Containerflächen, beeinträchtigte Steuerfähigkeit bei starkem achterlichen Wind und Seegang usw.). Somit sind die Angaben zu Geschwindigkeiten, Drehkreisen und Stoppstrecken nur sehr bedingt anwendbar, zumal z. B. die Stoppstrecke bei einem Rückwärtsmanöver auch entscheidend von der tatsächlichen Wassertiefe unter dem Kiel abhängt. Beim Einlaufen in ein „flaches" Hafenbecken muss die Maschine ggf. rechtzeitig auf ein geeignetes Rückwärtsmanöver geordert werden.
Ganz allgemein kann man sagen: Über flachem Wasser vergrößern sich die über tiefem Wasser festgestellten Drehkreise und Stoppstrecken teilweise erheblich. Außerdem vergrößern sich über flachem Wasser die Anziehungskräfte zwischen zwei Schiffen, was bei der gewählten Abstandbestimmung zwischen zwei Schiffen beim Überholen unbedingt berücksichtigt werden muss. Näheres hierzu siehe Handbuch Nautik II.

(6) Sorgfältiges Ausfüllen der Lotsenkarte (*Pilot Card)*
Der Kapitän hat beim Ausfüllen der Lotsenkarte [1.4.1, 1.4.2] bei bestimmten Wetter- und Windverhältnissen für einen bestimmten Tag und damit bestimmten Schiffszustand darauf zu achten, dass die Angaben in der Lotsenkarte *(Pilot Card)* den aktuellen Verhältnissen möglichst nahe kommen. Im Falle eines Unfalls werden diese Angaben von Behörden gerne für eine Unfalluntersuchung herangezogen, weil sie als „aktueller" angesehen werden als die Daten im Brückenposter (was zumindest zeitlich stimmt!).

(7) Qualifizierte Bedienung der Radargeräte auf dem Revier
Radargeräte sind nach wie vor eines der am meisten bedienten Geräte auf der Brücke, sei es zur Kollisionsverhütung, sei es zur Navigation. Bei der Vielfalt der verschiedenen Radargeräte kommt es durchaus zu Bedienfehlern. Deshalb soll hier auf einige Grundprobleme aufmerksam gemacht werden. Im Übrigen wird auf die Ausführungen zu „Radar" in Kapitel 4.2 verwiesen.

(a) Nach deutscher Rechtsprechung (OLG Hamburg) gilt es bei Frachtschiffen wegen der damit verbundenen Nachteile als Verstoß gegen die Regeln guter Seemannschaft, wenn das Radargerät in der Betriebsstellung „relativ vorausorientiert" betrieben wird, obwohl das Radargerät in den Betriebsstellungen „relativ-nordstabilisiert" oder *„True Motion"* betrieben werden könnte (ist in der Regel der Fall!). Ausnahmen mag es beim Befahren ganz enger Kanäle wie dem Nord-Ostsee-Kanal geben. Die Wasserschutzpolizei gibt z. B. in ihren Unfallberichten regelmäßig an, welche Betriebstellung vorlag (soweit das noch zu ermitteln war).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(b) Radargeräte haben generell eine erhebliche „Bandbreite“ in der Darstellung der Radarziele. Sie bieten aber die Möglichkeit, sie durch geeignete Bedienung an die jeweiligen Situationen und Erfordernisse anzupassen. Aufgrund der sich ständig ändernden Situation beim Befahren der Hohen See, Einlaufen in Mündungsgebiete von Flüssen, Einlaufen in enge Gewässer müssen die Anlagen durch die sie bedienenden Personen (wachhabender Offizier und/oder Lotse) den Erfordernissen angepasst werden. Dazu gehören Bereichsumschaltungen, ggf. Dezentrierung der Anlagen, um auf kleinen Bereichen dennoch ausreichende Voraussicht zu haben, und Wahl der geeigneten Darstellungsart.
Weiter gehören dazu ggf. „Nachjustieren“ der Abstimmung, der Verstärkung, der Seegangsenttrübung und der Helligkeitseinstellung, wobei häufig die Umschaltung des Bereiches und die sinnvolle „Justierung“ der Verstärkung ausreichen. Die Optimierung hängt davon ab, welche Informationen Vorrang haben. So ist z. B. im Falle einer Brückendurchfahrt die Erkennbarkeit der Fundamente und der Leitwerke der Brückenpylone wichtiger als die Erkennbarkeit der Brückenkonstruktion.
Auf einem Revier müssen der OOW und der Lotse gemeinsam auf die beste Darstellung hinwirken. Der OOW kennt „sein“ Radargerät, der Lotse weiß, welche „Ecken“ unbedingt zu sehen sein müssen.

(8) Aktuelle Tiefen- und Tidenverhältnisse auf dem Revier
Im Allgemeinen verfügt häufig nur der Lotse über die aktuellen Tiefenverhältnisse auf einem Revier. So hängen z. B. in Deutschland auf den Lotsenstationen die aktuellen Peilkarten aus, die die tatsächlich vorhandenen Wassertiefen an bestimmten Stellen des Reviers wiedergeben. Diese Informationen sind in der Regel nicht aus der Seekarte zu entnehmen. Da Bankeffekte z. B. auch von flachen Unterwasserstellen ausgehen können, die ein Abdrehen des Schiffes zur anderen Uferseite bewirken, hat sich der Kapitän darüber mit dem Lotsen zu verständigen.
Kritische Situationen können auch auftreten, wenn mehrere sogenannte Tidenschiffe mit auflaufendem Wasser hintereinander flussaufwärts fahren, um auf dem Hochwasserscheitel einen Hafen zu erreichen. Hier ist in gemeinsamer Absprache mit allen Beteiligten, also auch Landstationen, sicherzustellen, dass auch für das letzte Fahrzeug in der Kette beim Erreichen des Hafens noch genügend Wasser unter dem Kiel vorhanden ist, um sicher den Liegeplatz erreichen zu können.

(9) Planen von Überholmanövern auf einem Revier
Zu einer Reiseplanung gehört auch das Planen von Überholmanövern. Überholmanöver sind häufig eine Unfallquelle, wenn der Passierabstand bei relativ hohen Geschwindigkeiten zu gering gewählt wurde. Es soll hier nicht der komplette Überholvorgang bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten beschrieben werden, aber auf die beiden zentralen Probleme hingewiesen werden. Jedes Überholmanöver muss zwingend zwischen dem Überholer und dem zu Überholenden abgesprochen werden. Da es ohne geeignete Ausrüstung (z. B. Fernglas mit eingebautem Entfernungsmesser) nicht möglich ist, den tatsächlichen Seitenabstand auf Meter genau zu bestimmen, muss der Seitenabstand entsprechend den gefahrenen Geschwindigkeiten unter Zuhilfenahme des Radargerätes (Ungenauigkeit ca. ± 20 m) „abgeschätzt“ werden. Es ist keine Seltenheit, dass bei einem Unfall der Überholte als Seitenabstand zwischen den Bordwänden 25 m angibt, der Überholer dagegen 150 m, beides sind natürlich subjektive Angaben.
Die Schwierigkeit bei der Planung eines Überholmanövers besteht auch unter anderem darin, dass der Überholer von achtern kommend bei der Bahnplanung schon frühzeitig vorausschauend seinen Mindestabstand festlegen muss, ohne diesen mit absoluter Sicherheit kontrollieren zu können.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(10) Beobachten einer „Hecksee“

Es ist auf einem tiefgehenden Schiff oder bei höherer Geschwindigkeit auf einem Revier ausgesprochen hilfreich, zusätzlich zur Bahnkontrolle einen Blick nach achteraus zu werfen, vor allem bei größeren Kursänderungen, bei denen das Heck zu einer Uferseite schwenkt, aber auch bei dichtem Abstand zu einem Ufer. Wenn sich dort eine „Hecksee“ aufzubauen bzw. auszubilden beginnt, muss sofort drastisch die Geschwindigkeit verringert werden, um Schäden am Ufer zu vermeiden (siehe Kapitel 1.2.2, Fall 3).

Die vorstehenden Ziffern entsprechen den Regeln guter Seemannschaft, d. h., sie beschreiben den aktuellen Stand der Technik. Die darin angesprochenen Empfehlungen bzw. Maßnahmen sind von Kapitänen und wachhabenden Offizieren unbedingt zu berücksichtigen, um erneute Unfälle zu vermeiden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

2 Konventionelle Navigation

In diesem Kapitel werden im Wesentlichen die aktuell genutzten Systeme und Verfahren beschrieben, darüber hinaus einige konventionelle Verfahren, die im Notfall zur Verfügung stehen.

2.1 Terrestrische Navigation

Ralf Wandelt

2.1.1 Leuchtfeuer und Seezeichen

Seezeichen dienen in küstennahen Gewässern der Seefahrt zur Orientierung und zur Warnung vor Gefahren. Es handelt sich um feste oder schwimmende Körper, deren Bedeutung sich aus Form, Farbe, Beschriftung und Toppzeichen erschließen lässt. Im engeren Sinne meint der Begriff „Seezeichen" das Objekt bei Tage. In der Nacht dient ein Lichtsignal der Erkennung. Dann wird aus dem Seezeichen ein Leuchtfeuer. In diesem Kapitel wird die Systematik der Seezeichen und Leuchtfeuer erläutert. Eine vollständige Beschreibung der Vielfalt des Seezeichenwesens liegt nicht im Rahmen des vorliegenden Handbuches. Für Detailinformation wird auf die einschlägige Literatur verwiesen [2.1.1].

(1) Charakteristika der Leuchtfeuer

Kennung und Wiederkehr: Mit Kennung wird die Charakteristik der Lichterscheinung, einschließlich Farbe, Dauer und zeitlicher Anordnung bezeichnet. Ein Leuchtfeuer ist ein periodischer Vorgang. Wiederkehr ist die Periode, also die Zeit nach der die Lichterscheinung von Neuem beginnt. Tabelle 2.1.1 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Kennungen. Mehr Information ist in [2.1.1] zu finden.

Kennungsart	Abkürzung (dt./int.)	Erläuterung
Festfeuer	F./F	andauernd, unveränderlich
Unterbrochenes Feuer	Ubr./Oc	Lichtphasen länger als Pausen
Gleichtaktfeuer	Glt./Iso	Lichtphase gleich Pause
Blitzfeuer	Blz./Fl	Lichtphase kürzer als Pause
Blinkfeuer	Blk./LFl	Lichtphase mindestens 2 s
Funkelfeuer	Fkl./Q	Etwa 1 Blitz pro Sekunde
Schnelles Funkelfeuer	SFkl./VQ	Etwa 2 Blitze pro Sekunde
Ultra Funkelfeuer	UFkl./UQ	Mindestens 3 Blitze pro Sekunde
Morsefeuer	Mo. ( )/Mo ( )	Morsezeichen (Buchstabe)
Mischfeuer	F.Blz./FFl	Beispiel: Festfeuer mit Blz.
Wechselfeuer	Wchs./Al	Beispiel: Farbwechsel weiß/rot

Tabelle 2.1.1: Kennungen von Leuchtfeuern

Die Feuerarten können zu Gruppen zusammengefasst werden. Zum Beispiel bedeutet Q(6)+LFl, dass nach jeweils sechs kurzen Blitzen ein längerer Blink abgegeben wird, bevor die Dunkelphase beginnt.

Tragweite, Nenntragweite und Sichtweite: Zur Kennung gehören ferner die Angaben über die Farbe, die Wiederkehr in Sekunden, die Höhe des Feuers in Metern und die Tragweite in Seemeilen. Ein Beispiel in deutscher Bezeichnung: Blz.(3)r. 15 s 21 m 11 sm und dasselbe Beispiel in internationaler Bezeichnung Fl.(3)R.15 s 21 m 11 sm. Auch in deutschen Seekarten ist inzwischen die interna-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

tionale Bezeichnung üblich. Das Feuer besteht aus drei roten Blitzen und einer Verdunkelungsphase, die zusammen 15 Sekunden dauern. Die Lichtquelle liegt 21 m über einer Bezugsebene, die in der Seekarte spezifiziert ist (z. B. mittleres Springhochwasser). Die angegebene Tragweite ist eine Nenntragweite. Die Tragweite ist der Abstand, in dem das Feuer gerade noch zu erkennen ist. Sie hängt von der Lichtstärke des Feuers und vom Sichtigkeitsgrad der Luft ab. Für die Nenntragweite ist eine Standardsichtigkeit von 10 sm zu Grunde gelegt. Die Sichtweite hängt zusätzlich noch von der Höhe des Leuchtfeuers und der Augeshöhe des Beobachters an Bord ab (s. Abb. 2.1.28).

(2) Bezeichnung besonderer Abschnitte im Fahrwasser

Richtfeuer: Zur genauen Identifikation der Richtung des Fahrwassers und zum exakten Befahren einer Kurslinie werden Richtfeuer eingesetzt. Ein Richtfeuer besteht aus Ober- und Unterfeuer mit gleicher Kennung. Beide Feuer leuchten in Phase. Das Schiff fährt entweder auf das Feuer zu oder von ihm weg. Befindet es sich genau auf der Kurslinie, erscheinen Ober- und Unterfeuer exakt übereinander. Während des Fahrens ist auf das Auswandern des Unterfeuers zu achten. Verlässt das Schiff die Kurslinie, öffnet sich der Blickwinkel, unter dem die beiden Feuer gesehen werden. Erscheint das Unterfeuer rechts vom Oberfeuer, ist das Schiff nach Backbord versetzt und umgekehrt. Es ist also immer zu der Seite hin Kurs zu ändern, nach der das Unterfeuer auswandert. Auch am Tage können Richtfeuer benutzt werden. Als Seezeichen tragen sie dreieckige Toppzeichen. Das Dreieck des Oberfeuers zeigt mit der Spitze nach unten, das des Unterfeuers mit der Spitze nach oben. Diese Toppzeichen sind in Deckung, wenn sich das Schiff auf der Kurslinie befindet. Um bei Gegenverkehr auf der richtigen Fahrwasserseite zu sein, fährt man häufig „links offen", d. h. man lässt das Unterfeuer etwas nach links auswandern.

Leitfeuer, Sektorenfeuer und Quermarkenfeuer: Leitfeuer dienen zur Ansteuerung von Hafeneinfahrten oder als Navigationshilfe in engen Fahrwassern, zum Beispiel bei der Durchfahrt zwischen Untiefen. Sie strahlen ihr Lichtsignal in einen schmalen Sektor ab. Zu beiden Seiten der Hauptrichtung nimmt die Lichtintensität stark ab. In der Regel ist die Farbe eines Leitfeuers weiß.

Oft sind Leitfeuer zu Sektorenfeuern ergänzt, indem die benachbarten Winkelbereiche mit andersfarbigen Lichtsignalen markiert werden. Befindet sich ein von See kommendes Schiff an der Steuerbordseite des weißen Hauptsektors, wird an Bord ein grünes Feuer gesehen. Die Backbordseite der Kurslinie wird durch ein rotes Feuer markiert.

Sektorenfeuer können auch als Quermarkenfeuer dienen. Diese zeigen eine Richtungsänderung des Fahrwassers an und können zur Überwachung einer Kursänderung genutzt werden. Diese wird durchgeführt, wenn an Bord die Änderung der Farbe des Feuers beobachtet wird.

(3) Bezeichnung des Fahrwassers

Betonnungssysteme: Schifffahrtswege sind nach dem Lateralsystem mit Seezeichen ausgestattet. Die *IALA (International Association of Lighthouse Authorities)* ist verantwortlich für Regeln, nach denen Seezeichen ihrem jeweiligen Zweck entsprechend gestaltet sind. Es gibt zwei verschiedene Betonnungssysteme für die lateralen Seezeichen. In europäischen Gewässern wird das internationale Betonnungssystem A verwendet, in amerikanischen Gewässern das Betonnungssystem B. In Asien gibt es Regionen mit dem System A und andere mit dem System B. Die Seekarte 1 enthält eine geografische Übersicht. Über das im betreffenden Seegebiet verwendete Betonnungssystem geben auch die Seekarten Auskunft. In britischen Karten finden sich Bemerkungen wie: *„Navigational Marks: IALA Buoyage System – Region A (red to port)"*. In deutschen Seekarten ist in den Fahrwassern ein magentafarbener Pfeil mit einem grünen Punkt an Steuerbord und einem roten Punkt an Backbord eingedruckt.

Meist werden beide Seiten eines befahrbaren Weges gekennzeichnet. Im Betonnungssystem A ist von See kommend die Steuerbordseite eines Fahrwassers grün und die Backbordseite rot

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abb. 2.1.1: Laterale Seezeichen im Betonnungssystem A

markiert. Die Farben der Feuer entsprechen denen der Tonnen. Falls Toppzeichen vorhanden, sind sie an Steuerbord spitz (Kegel) und an Backbord stumpf (Zylinder). In der Kennung unterscheiden sich die beiden Seiten nicht. Abb. 2.1.1 zeigt Gestalt, Farbe und Toppzeichen. Die Nummerierung der Tonnen erfolgt an Steuerbord mit ungeraden und an Backbord mit geraden Zahlen. Wegen der besseren Erkennbarkeit im Radar ist das erste Tonnenpaar eines Fahrwassers manchmal doppelt ausgelegt (je eine Tonne beleuchtet und die andere unbeleuchtet).

Wenn zwei Schifffahrtswege sich vereinigen, gilt eines als durchgehendes und das andere als einmündendes Fahrwasser. Diese Unterscheidung hat eine schifffahrtsrechtliche Bedeutung. Laut Seeschifffahrtsstraßenordnung hat ein aus dem einmündenden Fahrwasser kommendes Fahrzeug gegenüber dem Verkehr im durchgehenden Fahrwasser eine Wartepflicht. An der Verzweigung liegt eine rot-grün-rote oder eine grün-rot-grüne Tonne (Abb. 2.1.2). Die zweimal verwendete Farbe zeigt das durchgehende Fahrwasser an. Sie bestimmt auch die Farbe des Feuers. Die Kennung ist auffällig. Es wird eine Gruppe mit der Struktur 2+1 abgestrahlt. Beispiel: An der Steuerbordseite des Hauptfahrwassers mündet ein Nebenfahrwasser. Die hinter der Einmündung liegende Tonne ist dann grün-rot-grün. Sie ist eine Steuerbord-Tonne des durchgehenden Fahrwassers und gleichzeitig die letzte Backbord-Tonne des einmündenden Fahrwassers.

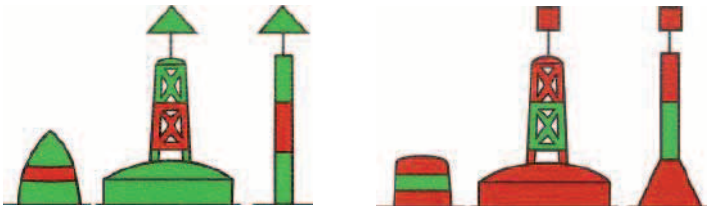


Abb. 2.1.2: Bezeichnung eines einmündenden Fahrwassers im Betonnungssystem A

Im Betonnungssystem B ist – von See kommend – die Backbordseite des Fahrwassers mit grünen Tonnen bezeichnet. Diese sind stumpf geformt und tragen gegebenenfalls stumpfe Toppzeichen. Die Tonnen an Steuerbord sind rot, spitz geformt mit Kegeln als Toppzeichen. An der anderen Kombination aus Farbe und Form lässt sich das verwendete System erkennen, ohne auf die Fahrwasserrichtung zurückzugreifen.

Ansteuerungstonne: Im Lateralsystem kann auch ausschließlich die Mitte eines Schifffahrtsweges bezeichnet sein. Diese Tonnen sind rot-weiß gestreift und tragen als Toppzeichen einen roten Ball (Abb. 2.1.3). Das Feuer ist weiß und hat die Kennung „Gleichtakt“ oder „Unterbrochenes Feuer“. Selbst wenn die Seiten des Fahrwassers mit roten und grünen Seezeichen markiert sind, findet sich oft eine rot-weiß gestreifte Tonne am Beginn des markierten Fahrwassers. Sie dient dann als Ansteuerungstonne.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

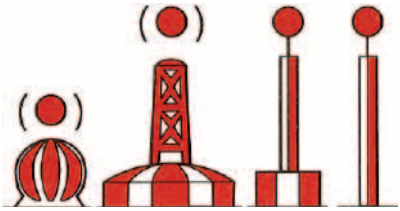


Abb. 2.1.3: Ansteuerungstonne oder Kennzeichnung der Fahrwassermitte

(4) Bezeichnung von Gefahrenstellen

Kardinalzeichen: Lokalisierbare Gefahrengebiete werden mit Kardinalzeichen markiert. Diese Tonnen (Nord-, Süd-, Ost- oder West-Tonne) zeigen – mit der Anordnung ihrer horizontalen schwarz-gelben Streifen, ihren Toppzeichen und in der Nacht mit ihrer Kennung – an, an welcher Seite der Gefahrenstelle sie ausgelegt sind. Aus der Lage der Tonne relativ zur Gefahr ergibt sich eindeutig die Passierseite. Wird zum Beispiel auf westlichem Kurs recht Voraus eine Süd-Tonne identifiziert, muss die Tonne an Steuerbord bleiben.

Im Norden des Schifffahrtshindernisses ist die Kardinaltonne oben schwarz und unten gelb. Das dazugehörige Toppzeichen besteht aus zwei übereinander angebrachten Kegeln, deren Spitzen beide nach oben weisen. Die im Süden ausgelegte Kardinaltonne ist gelb über schwarz und die beiden Kegel zeigen mit den Spitzen nach unten. Im Osten ist die Markierung schwarz-gelb-schwarz, die Kegelspitzen zeigen voneinander weg. Im Westen ist es umgekehrt: Die Farben sind gelb-schwarz-gelb und die Kegelspitzen zeigen aufeinander (Abb. 2.1.4).

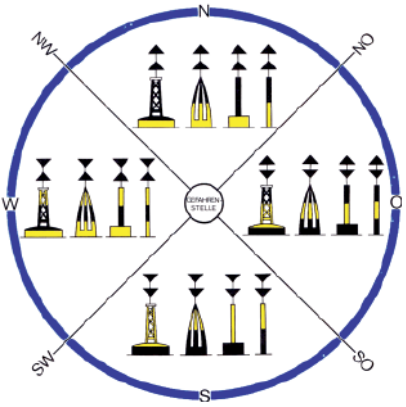


Abb. 2.1.4: Kardinalzeichen

Als Kennungen werden Funkelfeuer verwendet. Die Nord-Tonne sendet schnell aufeinander folgende Blitze ohne Unterbrechung aus. Die Kennungen der drei anderen Tonnen bestehen aus schnellen Blitzen, die zu Gruppen zusammengefasst sind. Dabei entspricht die Anzahl der Blitze der Position der Tonne in Analogie zum Zifferblatt einer Uhr. Die Ost-Tonne hat die Gruppe 3, die West-Tonne die Gruppe 9. Um der Gefahr des Verzählens vorzubeugen, sendet die Süd-Tonne nach ihren 6 Blitzen noch einen Blink, bevor die Dunkelphase beginnt.

Bei neuen Gefahrenstellen werden die Kardinaltonnen zeitweise doppelt ausgelegt (in der Regel je eine Tonne beleuchtet, die andere unbeleuchtet), bis die Schifffahrt über die Nachrichten für Seefahrer (NfS), bzw. die *Notice to Mariners (NTM)* informiert wurde.

Einzel-Gefahrentonne: Für ein räumlich eng begrenztes Gefahrengebiet genügt eine Einzel-Gefahrentonne, die direkt über dem Hindernis schwimmt. Sie ist horizontal schwarz-rot-schwarz gestreift und trägt als Toppzeichen zwei schwarze Bälle (Abb. 2.1.5). Das Feuer hat die Blitzgruppe 2. Eine auf diese Weise markierte Gefahrenstelle kann an allen Seiten passiert werden.

Wracktonne: Vor einem neuen Wrack kann, bevor die schwarz-gelben Kardinaltonnen ausgelegt sind, vorübergehend mit einer Wracktonne gewarnt werden. Diese ist vertikal gelb-blau gestreift und das Feuer besteht aus auffälligen blauen und gelben Blitzen, die einander abwechseln. Sie wurde von der IMO in Abstimmung mit der IALA zu Erprobungszwecken eingeführt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

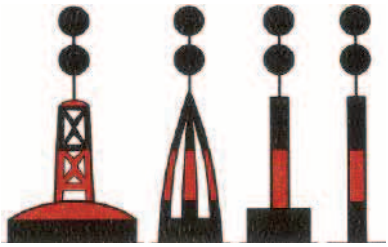


Abb. 2.1.5: Einzel-Gefahrentonne

(5) Kennzeichnung besonderer Gebiete

Besondere Gebiete, z. B. Reeden, werden mit gelben Tonnen gekennzeichnet. Die konkrete Bedeutung ist der Seekarte zu entnehmen. Sie tragen gegebenenfalls liegende gelbe Kreuze als Toppzeichen. Wenn sie ein Gebiet markieren, dessen Befahren verboten ist, tragen die gelben Tonnen, je nach Form, ein rotes Kreuz oder einen roten Streifen. Das Feuer ist gelb und die verwendeten Kennungen sind Funkelfeuer oder unterbrochene Feuer der Gruppen 2 oder 3.

Zu den besonderen Tonnen zählen auch die Messdaten-Sammeltonnen. Sie können auf Grund ihrer Größe die Schifffahrt behindern. In der Seekarte sind sie durch ein trapezförmiges Symbol und der Abkürzung *ODAS (Ocean Data Aquisition System)* gekennzeichnet.

2.1.2 Karten und Koordinaten

Die reale Form der Erde („Geoid“) ist im mathematischen Sinne nicht regelmäßig. Sie wird im Wesentlichen bestimmt durch die Gravitation ihrer ungleichmäßig verteilten Masse und durch die Zentrifugalkraft (hervorgerufen durch die Rotation um ihre eigene Achse). Die komplizierte Form ist als Grundlage für die klassische Navigation unbrauchbar. Selbst einfache Fragen wie die nach der exakten Entfernung zwischen zwei Orten sind schwer (oder kaum) zu beantworten. Daher wird für die terrestrische und für die astronomische Navigation die Gestalt der Erde durch eine Kugel angenähert. Die eingeschränkte Genauigkeit der verwendeten Ortsbestimmungsmethoden rechtfertigt diese Annahme. Sie führt unter anderem dazu, dass nicht zwischen geozentrischen und geografischen Koordinaten unterschieden werden muss. In der Satellitennavigation sind diese Vereinfachungen wegen höherer Genauigkeitsanforderungen nicht möglich.

(1) Geografische Breite und Länge

Meridiane und Breitenparallele: Um Orte auf der Erdoberfläche zu bezeichnen, wird ein Koordinatensystem eingeführt. Dazu wird die Kugeloberfläche mit einem orthogonalen Gitternetz belegt (Abb. 2.1.6). Durch die Schnittpunkte der Erdachse mit der Erdoberfläche sind zunächst die Pole definiert. Nord- und Südpol werden durch Halbkreise miteinander verbunden. Diese Halbkreise heißen Längenkreise oder Meridiane. Rechtwinklig zu den Meridianen verlaufen die Breitenparallele. Das Breitenparallel mit dem größten Umfang in der Mitte zwischen den Polen heißt Äquator. Der Äquator teilt die Erde in eine Nord- und eine Südhalbkugel. Der Äquator bildet einen Kreis, dessen Mittelpunkt mit dem Erdmittelpunkt zusammenfällt. Solche Kreise auf einer Kugeloberfläche haben den größten möglichen Radius, nämlich

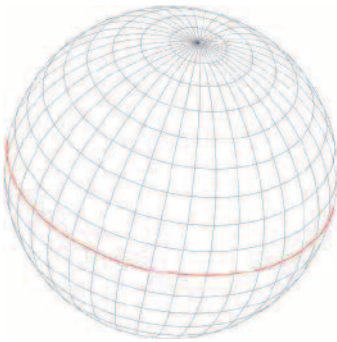


Abb. 2.1.6: Meridiane und Breitenparallele auf der Erdkugel

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

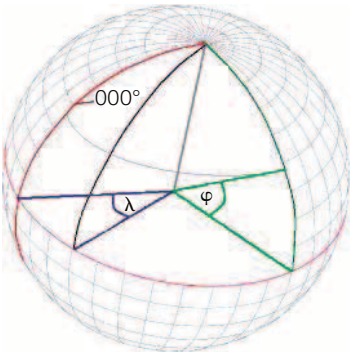


Abb 2.1.7: Geografische Breite und Länge

den der Kugel selbst. Sie heißen Großkreise und spielen in der Navigation eine besondere Rolle (s. Kap. 2.1.3). Auch die Meridiane sind – wenn sie mit ihrem Gegenüber zu einem Kreis ergänzt werden – Großkreise. Die Breitenparallele sind (mit Ausnahme des Äquators) keine Großkreise. Ihr Umfang nimmt mit der Annäherung an die Pole ab.

Das Quantifizieren der Längen- und Breitenkreise erfordert einen Koordinatenursprung. Für die Breitenparallele bietet sich der Äquator als Nulllinie an. Bei den Meridianen existiert solch eine natürliche Wahl nicht. Der Nullmeridian muss willkürlich festgelegt werden. Historisch begründet verläuft er durch die Sternwarte des Londoner Vorortes Greenwich (Abb. 2.1.7).

Geografische Breite: Alle Punkte eines Breitenparallels haben dieselbe geografische Breite. Die geografische Breite eines Ortes auf der Erdoberfläche ist der Abstand des Breitenparallels vom Äquator, d. h. der Winkel am Erdmittelpunkt zwischen der Ebene des Äquators und dem zum Ort gerichteten Radiusvektor. Sie wird mit dem Symbol φ bezeichnet und zählt von 0° bis 90° auf jeder Halbkugel. Für Rechnungen wird der geografischen Breite ein Vorzeichen zugeordnet. Es ist positiv auf der Nordhalbkugel und negativ auf der Südhalbkugel.

Geografische Länge: Alle Punkte eines Meridians haben dieselbe geografische Länge. Die geografische Länge eines Ortes auf der Erdoberfläche ist der sphärische Winkel am Pol zwischen dem Nullmeridian und dem Meridian des Ortes. Sie kann auch definiert werden als in der Äquatorebene gemessener Winkel am Erdmittelpunkt zwischen den zum Nullmeridian und zum Ortsmeridian gerichteten Radiusvektoren. Das Symbol der geografischen Länge ist λ. Sie zählt positiv von 0° bis 180° nach Osten und negativ von 0° bis 180° nach Westen.

Durch die Angabe von geografischer Breite und Länge ist ein Ort auf der Erdoberfläche eindeutig bestimmt. Die in der Nautik übliche Angabe erfolgt in Grad, Minuten und Zehntelminuten. Dazu kommt das jeweilige Vorzeichen, welches außerhalb von Rechnungen durch die Himmelsrichtung (N, S, E, W) angegeben wird. Die Koordinaten der Freiheitsstatue vor New York lauten beispielsweise: φ = 40° 41,3’ N λ = 074° 02,7’ W.

(2) Loxodrome und Orthodrome

Eine der Grundaufgaben der Navigation ist die Bestimmung des Abstands zwischen zwei Orten. In der Ebene ist dieses Problem leicht zu lösen. Der Abstand ist ein Vektor, dessen zwei Komponenten in der Polardarstellung die Entfernung und die Richtung zwischen den beiden Orten angeben. Er kann durch Bildung der Differenz der beiden Ortsvektoren gewonnen werden. Auf der Kugeloberfläche ist diese Frage weniger trivial. Für die Navigation hält sie zwei verschiedene sinnvolle Antworten bereit. So kann die Strecke zwischen den beiden Orten zurückgelegt werden, indem ein gleich bleibender Kurs gesteuert wird. Eine Linie konstanten Kurses, die alle Meridiane unter dem gleichen Winkel schneidet, heißt Kursgleiche oder Loxodrome. Das scheint zwar der direkte Weg zu sein, ist allerdings nicht die kürzeste Verbindung der beiden Orte. Diese wird durch den Teil des Großkreises erzeugt, der die beiden Orte enthält. Die

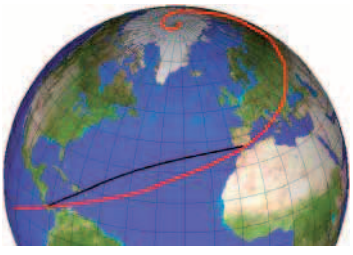


Abb. 2.1.8: Loxodrome und Orthodrome im Nordatlantik

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Linie, die zwei Orte durch einen Großkreis verbindet, heißt Orthodrome. Sie hat den praktischen Nachteil, dass sie nicht alle Meridiane unter dem gleichen Winkel schneidet. Das bedeutet, dass beim Befahren der Orthodrome auf mehreren Teilstrecken unterschiedliche Kurse zu steuern sind (Abb. 2.1.8). In Kap. 2.1.3 wird die Großkreisberechnung ausführlich erläutert.

(3) Kartenentwürfe und Projektionen

Für die Navigation werden Seekarten benötigt. Eine Karte ist eine Abbildung der Kugeloberfläche (oder von Teilen davon) in eine Ebene mit einem bestimmten Maßstab. Die Oberfläche der Kugel ist – im Gegensatz zu der eines Zylinders oder eines Kegels – nicht in eine Ebene abwickelbar. Daher ist die Abbildung nicht ohne Verzerrungen möglich.

Maßstab: Das Verhältnis einer Längeneinheit in der Karte zu den zugehörigen Längeneinheiten in der Natur heißt Maßstab. So bedeutet ein Maßstab von 1:100 000 beispielsweise, dass 1 cm in der Karte 100 000 cm (= 1000 m = 1 km) in der Natur entsprechen. Gute Seemannschaft erfordert, für die Navigation immer die Seekarte mit dem größten Maßstab zu verwenden. Das bedeutet, dass ein bestimmtes Flächenelement der Natur in der Karte möglichst groß erscheint. Das ist der Fall, wenn die Zahl hinter dem Doppelpunkt klein ist. Der Maßstab von 1:20 000 ist (fünf Mal) größer als 1:100 000. Wegen der notwendigen Verzerrungen bei der Abbildung der Kugeloberfläche in die Ebene, gibt es keine Seekarte mit konstantem Maßstab. Der Maßstab ist eine lokale Eigenschaft der Karte. Bei bestimmten Kartenentwürfen hängt der Maßstab sogar von der Richtung ab.

Winkel- und Flächentreue: Eine für die Navigation wichtige Eigenschaft von Seekarten ist die Winkeltreue der Abbildung. Diese Eigenschaft wird gefordert, damit die Loxodrome in der Seekarte als gerade Linie abgebildet wird. Winkeltreue bedeutet, dass ein Winkel, den zwei verschiedene Richtungen auf der Kugeloberfläche bilden, in der Karte dieselbe Größe hat. Notwendig und hinreichend dafür ist, dass die Karte in zwei senkrecht zueinander liegenden Richtungen im gleichen Maß verzerrt wird. Winkeltreue hat zur Folge, dass kleine Flächenelemente in der Abbildung ihre Form beibehalten. Ein kleiner Kreis in der Natur wird auf einen kleinen Kreis in der Karte abgebildet. Große Flächen werden dagegen verzerrt. Winkel- und Flächentreue sind nicht gleichzeitig in einer Karte zu verwirklichen. Im Folgenden wird ein Überblick über die in der Nautik verwendeten Kartenentwürfe gegeben. Man unterscheidet im Wesentlichen zwischen Azimutalprojektionen und Zylinderentwürfen. Weitergehende Information finden sich in [2.1.2].

a) Azimutalprojektion: Die Karte einer Azimutalprojektion ist eine Tangentialebene an einen Punkt der Erdoberfläche, in die hinein Orte der Kugeloberfläche projiziert werden. Zwei Varianten sind für die Nautik wichtig, die stereografische und die gnomonische Projektion.

Stereografische Projektion: Bei der stereografischen Projektion liegen sich Projektionszentrum und Berührungspunkt der Tangentialebene gegenüber (Abb. 2.1.9). Unter der stereografischen Projektion, die zum Beispiel in Wetterkarten Verwendung findet, werden weder Loxodrome noch Orthodrome als gerade Linien abgebildet.

Gnomonische Projektion: Bei der gnomonischen Projektion befindet sich das Projektionszentrum im Erdmittelpunkt und fällt mit dem Mittelpunkt aller Großkreise zusammen (Abb. 2.1.10). Die Projektionsstrahlen aller Orte eines Großkreises liegen in einer Ebene. Deren Schnittmenge mit der Tangentialebene ist (wie der Schnitt zweier Ebenen im Allgemeinen) eine Gerade. Daher bildet die gnomonische Projektion Großkreise als Geraden ab. Darin liegt ihr navigatorischer Nutzen. Großkreiskarten finden für die Reiseplanung Verwendung.

b) Zylinderentwürfe: Eine andere Art von Karten entsteht durch das Ummanteln der abzubildenden Kugel mit einem Zylinder (Zylinderentwurf). Die Berührungslinie ist damit ein Kreis. Beim für die Navigation wichtigen erdachsigen Entwurf (Zylinderachse = Erdachse) ist das der Äquator.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

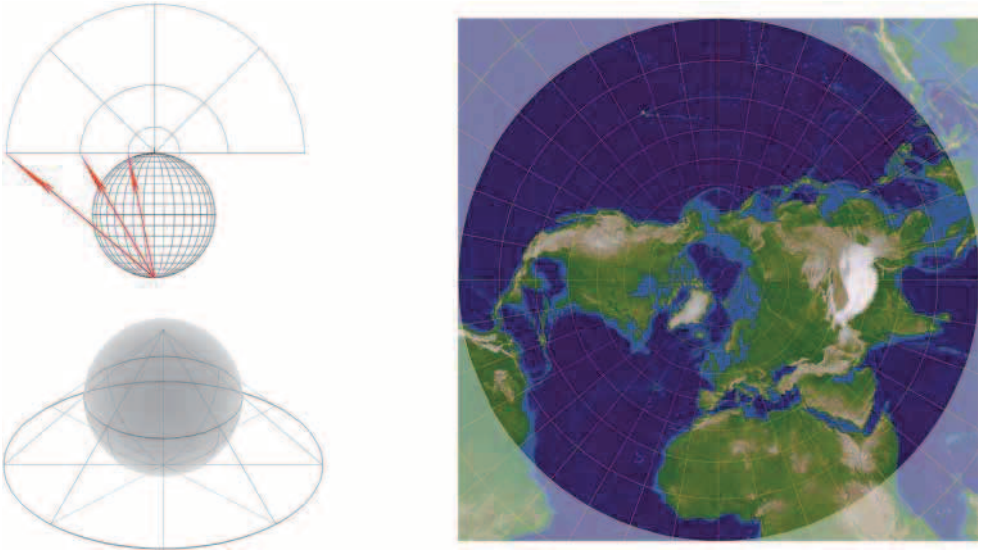


Abb. 2.1.9: Stereografische Projektion

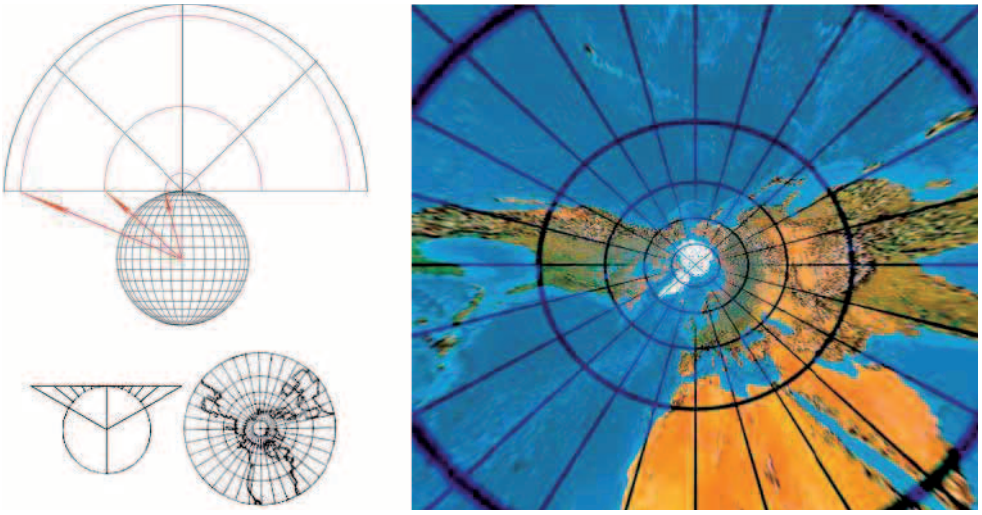


Abb. 2.1.10: Gnomonische Projektion

Plattkarte: Die einfachste Variante ist eine Plattkarte. Deren Abbildungsprinzip besteht in der längentreuen Abbildung der Meridiane, also des sphärischen Abstands eines Punktes vom Äquator. In Nord-Süd-Richtung findet daher keine Verzerrung statt. Im Maßstab 1:1 wäre die Plattkarte 2π mal Erdradius breit und π mal Erdradius hoch (die Länge der Meridiane entspricht dem halben Erdumfang). In Ost-West-Richtung findet dagegen eine Verzerrung statt, weil alle Breitenparallele auf dieselbe Länge gedehnt werden. In der Realität nimmt deren Umfang aber mit dem Kosinus der Breite ab (Abb. 2.1.11).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Maßstabsfaktor für die Nord-Süd-Richtung (= 1) ist ein anderer als der für die Ost-West-Richtung (= 1/cos φ). Da sie verschieden sind, kann die Abbildung nicht winkeltreu sein. Das führt dazu, dass der Kartenmaßstab winkelabhängig ist. Ein in der Realität (auf der Kugel) vorgegebener Abstand von einem Kilometer erscheint in der Plattkarte, je nach Richtung, unterschiedlich lang. Das macht die Plattkarte für die Navigation unbrauchbar. Die Plattkarte ist auch nicht flächentreu. Ein kleiner Kreis auf der Kugeloberfläche wird zu einer Ellipse in der Karte verformt, bei der die horizontale Halbachse um den Faktor 1/cos φ länger ist als die vertikale.

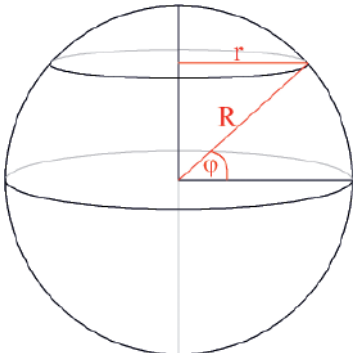


Abb. 2.1.11: Radius der Breitenparallele

Mercator-Karte: Der wichtigste Kartenentwurf für die Navigation ist die Mercator-Karte. Sie ist ein winkeltreuer Zylinderentwurf. Dazu müssen beide Richtungen in gleicher Weise verzerrt werden. Da die E-W-Verzerrung durch die Veränderlichkeit des Umfangs der Breitenparallele vorgegeben ist, muss die N-S-Verzerrung angepasst werden. Sie erfolgt in der Mercator-Karte ebenfalls mit dem Faktor 1/cos φ. Die Karte wird in N-S-Richtung so weit gestreckt, bis aus den Ellipsen der Plattkarte wieder Kreise werden. Das ist nicht bis zu den Polen möglich, da 1/cos φ dort unendlich groß wird. In polnahen Gebieten versagt die Mercator-Karte. Dort muss auf Seekarten mit stereografischer oder gnomonischer Projektion zurückgegriffen werden.

Wegen der Winkeltreue wird die Loxodrome in eine Gerade überführt. Die Großkreise sind in der Mercator-Karte jedoch gekrümmte Linien. Auch die Mercator-Karte hat keinen einheitlichen Maßstab. Dieser variiert vielmehr mit der geografischen Breite. Distanzen müssen daher am rechten oder linken Kartenrand in der geografischen Breite entnommen werden, in der sich das Schiff befindet (s. Kap. 2.1.3).

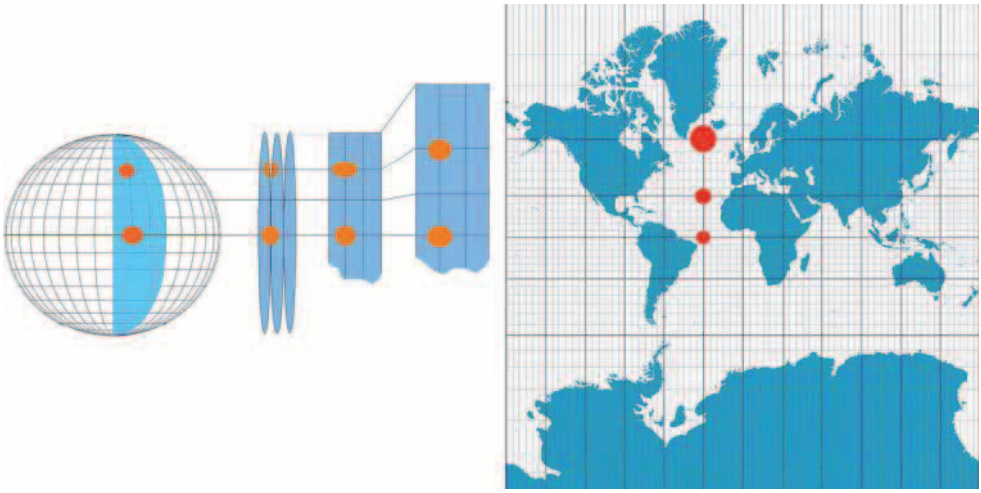


Abb. 2.1.12: Konstruktion einer Mercator-Karte

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

2.1.3 Besteck- und Großkreisrechnung

Mit der Einführung eines Koordinatensystems für die Kugeloberfläche im vorangegangenen Kapitel können Entfernung und Richtung zwischen zwei Orten quantitativ berechnet werden. Die beiden nautisch sinnvollen Verbindungen zwischen den Orten sind die Loxodrome und der Großkreis.

(1) Begriffe und Definitionen:

Seemeile: Eine Seemeile (sm) ist die Länge des Bogenstücks auf einem Großkreis der Erdkugel, das einer Bogenminute (also 1/60°) entspricht. Damit ist jeder Großkreis exakt 360 · 60 = 21.600 sm lang. Gleichzeitig beträgt seine Länge bei einem mittleren Erdradius von R = 6366,7 km = 2π · R = 40003,2 km. Daraus folgt:

$$1\,\text{sm} = 1852\,\text{m} \tag{2.1.1}$$

Breitenunterschied: Die Differenz zweier geografischer Breiten heißt Breitenunterschied $\Delta\varphi$:

$$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A \tag{2.1.2}$$

Der Breitenunterschied kann als Winkel in Grad und Bogenminuten oder nur in Bogenminuten angegeben werden. Er kann aber auch als Bogenlänge aufgefasst und in sm ausgedrückt werden. Da der Bogen Teil eines Meridians und damit eines Großkreises ist, entsprechen die Bogenminuten des Winkels den sm der Bogenlänge b, die auch Breitendistanz genannt wird:

$$b\,[\text{sm}] \triangleq \Delta\varphi\,['] \tag{2.1.3}$$

Längenunterschied: Die Differenz zweier geografischer Längen heißt Längenunterschied $\Delta\lambda$:

$$\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A \tag{2.1.4}$$

Der Längenunterschied kann als Winkel in Grad und Minuten oder nur in Bogenminuten angegeben werden. Als Bogenlänge interpretiert, entspricht der Längenunterschied der Distanz auf dem **Äquator** (Großkreis!) zwischen den beiden Meridianen und heißt daher auch Äquatormeridiandistanz ℓ:

$$\ell\,[\text{sm}] \triangleq \Delta\lambda\,['] \tag{2.1.5}$$

Abweitung: Die Bogenlänge zwischen zwei Meridianen auf einem **Breitenparallel** heißt Abweitung a. Da der Umfang des Breitenparallels mit dem Kosinus der Breite abnimmt (Abb. 2.1.11), gilt:

$$a = \ell \cos\varphi \tag{2.1.6}$$

Rechtweisender Kurs: Der Winkel zwischen der Richtung des Meridians und der Kielrichtung eines Schiffes heißt rechtweisender Kurs. Er wird mit rwK oder α bezeichnet (vgl. Kap. 2.1.4).

(2) Besteckrechnung nach Mittelbreite

Das loxodromische Dreieck auf der Erdkugel, das aus dem Breitenunterschied b, der Abweitung a und der loxodromischen Distanz d besteht und den Kurswinkel α enthält, ist gekrümmt. Um die einzelnen Stücke mit Mitteln der ebenen Trigonometrie berechenbar zu machen, wird es durch ein ebenes rechtwinkliges Dreieck mit denselben Größen ersetzt.

Die Besteckrechnung ist im Wesentlichen eine Koordinatentransformation von den kartesischen Koordinaten b und a zu den Polarkoordinaten d und α und umgekehrt. Es gelten die folgenden, aus dem ebenen Kursdreieck abgeleiteten trigonometrischen Beziehungen:

$$b = d\cos\alpha\,,\; a = d\,\sin\alpha \tag{2.1.7}$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}\,,\; \tan\alpha = \frac{a}{b} \tag{2.1.8}$$

Moderne Taschenrechner bewältigen diese Koordinatentransformation automatisch. Sie können dabei auch die Vorzeichen verarbeiten und Kurse zwischen 0° und 360° (vollkreisig) bestimmen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

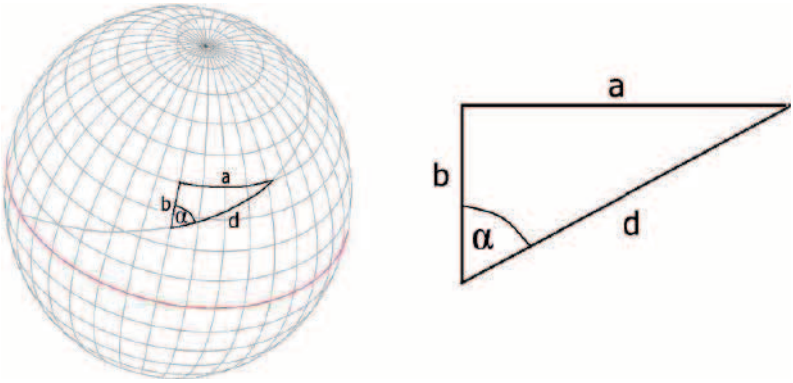


Abb. 2.1.13: Loxodromisches Kugeldreieck und ebenes Kursdreieck

Für die Umrechnung der Abweitung a in den Längenunterschied ℓ stellt sich die Frage, welche Breite in Gl. (2.1.6) eingesetzt wird. Als Näherung wird das arithmetische Mittel aus den Breiten der beiden Orte verwendet:

$$\varphi_m = \frac{1}{2}\left(\varphi_A + \varphi_B\right) \tag{2.1.9}$$

Mit dieser Mittelbreite folgt für den Längenunterschied in sm:

$$\ell = \frac{a}{\cos\varphi_m} \tag{2.1.10}$$

Im Folgenden wird das Verfahren für die zwei nautischen Fragestellungen exemplarisch durchgeführt.

a) Berechnung des Bestimmungsortes nach Mittelbreite

Gegeben sind Abfahrtsort (φ_A = 45° 21,1' S, λ_A = 003° 04,9' W) sowie Kurs (078°) und Distanz (450 sm). Gesucht ist der Bestimmungsort. Verfahren und Lösung sind in Tabelle 2.1.2 wiedergegeben.

	Verfahren	Beispiel
Umwandeln der Minuten in Dezimaldarstellung	$x = \text{Grad} + \frac{\text{Minuten}}{60}$	$\varphi_A = 45{,}3516667°$ S $\lambda_A = 003{,}0816667°$ W
Breitenunterschied	$b = d\cos\alpha$	$b = 450\text{ sm} \cdot \cos 78° = 93{,}56\text{ sm}$ $\Delta\varphi = 93{,}56' = 1°33{,}56' = 1{,}56°$
Breite des Ankunftsortes	$\varphi_B = \varphi_A + \Delta\varphi$	$\varphi_B = -45{,}3517° + 1{,}56° = 43{,}7923°$
Mittelbreite	$\varphi_m = \left(\varphi_A + \varphi_B\right)/2$	$\varphi_m = -44{,}571998°$
Abweitung	$a = d\sin\alpha$	$a = 450\text{ sm} \cdot \sin 78° = 440{,}2\text{ sm}$
Längenunterschied	$\ell = \frac{a}{\cos\varphi_m}$	$\ell = 440{,}2\text{ sm}/\cos 44{,}57° = 617{,}9\text{ sm}$ $\Delta\lambda = 617{,}9' = 10{,}2982°$
Länge des Ankunftsortes	$\lambda_B = \lambda_A + \Delta\lambda$	$\lambda_B = -3{,}0817° + 10{,}2982° = +7{,}2165°$
Umwandlung in ° und '	Minuten = (x − Grad) · 60	φ_B = 43° 47,5' S , λ_B = 007° 13,0' E

Tabelle 2.1.2: Besteckrechnung nach Mittelbreite – Berechnung des Zielortes

Werden Breite und Länge in der Rechnung konsequent mit Vorzeichen (N und E positiv; S und W negativ) verarbeitet und der Kurs vollkreisig eingesetzt, erhalten die Zwischenresultate für den Breiten- und den Längenunterschied ($\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$) die richtigen Vorzeichen. Sie können

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

dann mit diesem Vorzeichen zur Breite φ_1 beziehungsweise zur Länge λ_1 des Abfahrtsortes addiert werden, um Breite und Länge des Zielortes zu erhalten.

b) Berechnung von Kurs und Distanz nach Mittelbreite

Gegeben sind die Orte $\varphi_A = 32° 48{,}1' \text{ N}$, $\lambda_A = 129° 04{,}9' \text{ W}$, und $\varphi_B = 29° 11{,}7' \text{ N}$, $\lambda_B = 141° 55{,}2' \text{ W}$. Gesucht sind Kurs und Distanz. Verfahren und Lösung sind in Tabelle 2.1.3 wiedergegeben.

	Verfahren	Beispiel
Umwandeln der Minuten in Dezimaldarstellung	$x = \text{Grad} + \frac{\text{Minuten}}{60}$	$\varphi_A = +32{,}80167°$ $\lambda_A = -129{,}08167°$ $\varphi_B = +29{,}195°$ $\lambda_B = -141{,}92°$
Breiten- und Längenunterschied	$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A$ $\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$	$\Delta\varphi = -3{,}60667° = 216{,}4'\text{S}$, b = 216,4 sm $\Delta\lambda = -12{,}83833° = 770{,}3'\text{W}$, ℓ = 770,3 sm
Mittelbreite	$\varphi_m = (\varphi_A + \varphi_B)/2$	$\varphi_m = +30.99833°$
Abweitung	$a = \ell \cos\varphi_m$	$a = 770{,}3 \text{ sm} \cdot \cos 30{,}99833° = 660{,}3 \text{ sm}$
Distanz	$d = \sqrt{a^2 + b^2}$	$d = \sqrt{660{,}3^2 + 216{,}4^2} \text{ sm} = 694{,}8 \text{ sm}$
Kurs	$\tan\alpha = \frac{a}{b}$	$\alpha = \arctan\left(\frac{660{,}3}{216{,}4}\right) = \text{S}72° \text{W} = 252°$

Tabelle 2.1.3: Besteckrechnung nach Mittelbreite – Berechnung von Kurs und Distanz

Der Kurs wird durch Anwendung der arctan-Funktion zunächst viertelkreisig ermittelt. Die Umrechnung auf einen vollkreisigen Kurs erfolgt über die Vorzeichen von Breitenunterschied (positiv ≙ Nord, negativ ≙ Süd) und Längenunterschied (positiv ≙ Ost, negativ ≙ West). Die Angabe S 72 ° W ist dann zu interpretieren als: von Süd (180 °) ausgehend, dreht der Kurswinkel um 72 ° in Richtung West (270 °). Der gesuchte vollkreisige Kurs lautet daher 180 ° + 72 ° = 252 °.

Das Verfahren nach Mittelbreite ist eine Näherung, weil das arithmetische Mittel als lineare Interpolation dem kosinusförmigen Zuwachs der Längenminuten pro Seemeile nicht gerecht wird. Deshalb darf das Verfahren in folgenden Situationen nicht angewandt werden, weil es zu größeren Ungenauigkeiten führen kann:

- bei Distanzen über etwa 500 sm,
- bei größeren Distanzen über den Äquator,
- bei größeren Distanzen in hohen Breiten.

(3) Besteckrechnung nach vergrößerter Breite

Die Besteckrechnung lässt sich auch exakt durchführen. Zu diesem Zweck wird das loxodromische Kugeldreieck mit der Mercator-Projektion in ein ebenes Dreieck abgebildet. Wegen der notwendigen Verzerrung in Nord-Süd-Richtung wird das zugehörige Kursdreieck gegenüber dem ebenen Kursdreieck (s. Besteckrechnung nach Mittelbreite) vergrößert.

Als vergrößerte Breite wird der in der **Mercator-Karte** gemessene und auf deren Maßstab bezogene Abstand eines Breitenparallels vom Äquator bezeichnet. Die vergrößerte Breite trägt das Symbol Φ und wird in Bogenminuten gemessen. Sie lässt sich durch Kumulation (Integration) des Verzerrungsfaktors 1/cos ϕ über alle Breitenparallele berechnen. Die vergrößerte Breite lautet als Funktion der Breite φ [2.1.3]:

$$\Phi(\varphi) = \frac{10800'}{\pi} \cdot \ln\left(\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)\right) \tag{2.1.11}$$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

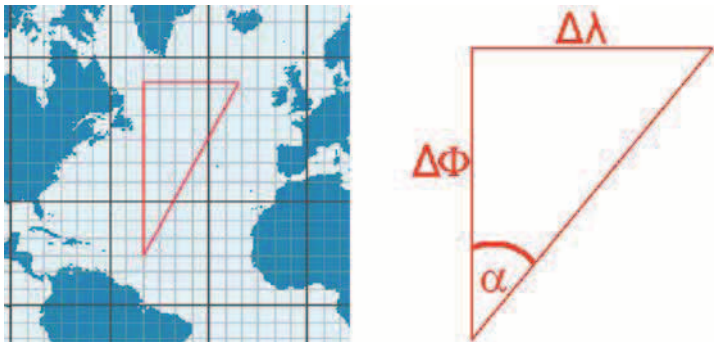


Abb. 2.1.14: Vergrößertes Kursdreieck

Daraus kann der vergrößerte Breitenunterschied gebildet werden, der im vergrößerten Kursdreieck die Seite b des wahren Kursdreiecks ersetzt:

$$\Delta\Phi = \Phi(\varphi_B) - \Phi(\varphi_A) \tag{2.1.12}$$

Im vergrößerten Kursdreieck lässt sich der Tangens des Kurswinkels α als Verhältnis von Längenunterschied[1] $\Delta\lambda$ (in Bogenminuten) zu vergrößertem Breitenunterschied $\Delta\phi$ ausdrücken:

$$\tan\alpha = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\Phi} \tag{2.1.13}$$

Zu beachten ist, dass die Hypotenuse im vergrößerten Kursdreieck nicht der Distanz d entspricht. Schließlich ändert sich der Maßstab der Mercator-Karte mit der Breite. Um die Distanz zu berechnen, kann auf das ebene Kursdreieck zurückgegriffen werden. Es gilt exakt (!) (Gl. 2.1.7):

$$d = \left|\frac{b}{\cos\alpha}\right| \tag{2.1.14}$$

Die beiden oben gezeigten Beispiele zur Besteckrechnung nach Mittelbreite werden im Folgenden noch einmal nach vergrößerter Breite durchgeführt.

a) Berechnung des Bestimmungsortes nach vergrößerter Breite

Gegeben sind Abfahrtsort (φ_A = 45° 21,1' S, λ_A = 003° 04,9' W) sowie Kurs (078°) und Distanz (450 sm) (s. Abschnitt (2)). Gesucht ist der Bestimmungsort. Verfahren und Lösung sind in Tabelle 2.1.4 wiedergegeben.

Die Vorzeichen von Breitenunterschied und Längenunterschied werden in sinnvoller Weise aus der Kursangabe abgeleitet. Handelt es sich wie im Beispiel um einen nordöstlichen Kurs, dann werden $\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$ zu Breite und Länge jeweils mit positivem Vorzeichen addiert. Bei einem nordwestlichen Kurs hat dagegen der Breitenunterschied ein positives und der Längenunterschied ein negatives Vorzeichen. Analoges gilt für südöstliche und südwestliche Kurse. Der Vergleich mit den nach Mittelbreite errechneten Resultaten (s. o.) zeigt wegen der geringen Distanz keinen bemerkenswerten Unterschied.

b) Berechnung von Kurs und Distanz nach vergrößerter Breite

Gegeben sind die Orte φ_A = 32° 48,1' N, λ_A = 129° 04,9' W und φ_B = 29° 11,7' N, λ_B = 141° 55,2' W (s. Abschnitt (2)). Gesucht sind Kurs und Distanz. Verfahren und Lösung sind in Tabelle 2.1.5 wiedergegeben.

[1] In einigen Publikationen wird für $\Delta\lambda$ formal das Meridianabstandsverhältnis $\mathcal{C}^*$ eingeführt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

	Verfahren	Beispiel
Umwandeln in Dezimaldarstellung	$x = \text{Grad} + \frac{\text{Minuten}}{60}$	$\varphi_A = 45{,}3516667°\ S$ $\lambda_A = 003{,}0816667°\ W$
Breitenunterschied	$b = d \cos\alpha$	$b = 450\ sm \cdot \cos 78° = 93{,}56\ sm$ $\Delta\varphi = 93{,}56' = 1°33{,}56' = 1{,}56°$
Breite Ankunftsort	$\varphi_B = \varphi_A + \Delta\varphi$	$\varphi_B = -45{,}3517° + 1{,}56° = 43{,}7923°$
Vergrößerte Breite	$\Phi(\varphi) = \frac{10800'}{\pi} \cdot \ln\left(\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)\right)$ $\Delta\Phi = \Phi_B - \Phi_A$	$\Phi_A = -3059{,}871'$ $\Phi_B = -2928{,}523'$ $\Delta\Phi = +131{,}348'$
Längenunterschied	$\Delta\lambda = \Delta\Phi \cdot \tan\alpha$	$\Delta\lambda = 131{,}348' \cdot \tan 78° = 618{,}0' = 10{,}2991°$
Länge Ankunftsort	$\lambda_B = \lambda_A + \Delta\lambda$	$\lambda_B = -3{,}0817° + 10{,}2991° = +7{,}2174°$
Umwandlung in °,'	Minuten = (x – Grad) · 60	$\varphi_B = 43°\ 47{,}5'\ S$, $\lambda_B = 007°\ 13{,}0'\ E$

Tabelle 2.1.4: Besteckrechnung nach vergrößerter Breite – Berechnung des Zielortes

	Verfahren	Beispiel
Umwandeln in Dezimaldarstellung	$x = \text{Grad} + \frac{\text{Minuten}}{60}$	$\varphi_A = +32{,}80167°$ $\lambda_A = -129{,}0816$ $\varphi_B = +29{,}195°$ $\lambda_B = -141{,}92$
Breiten- und Längenunterschied	$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A$ $\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$	$\Delta\varphi = -3{,}60667° = 216{,}4'\ S$, $b = 216{,}4\ sm$ $\Delta\lambda = -12{,}83833° = 770{,}3'\ W$
Vergrößerte Breite	$\Phi(\varphi) = \frac{10800'}{\pi} \cdot \ln\left(\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)\right)$ $\Delta\Phi = \Phi_B - \Phi_A$	$\Phi_A = 2085{,}353'$ $\Phi_B = 1832{,}826'$ $\Delta\Phi = -252{,}527'$
Kurs	$\tan\alpha = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\Phi}$	$\alpha = \arctan\left(\frac{770{,}3}{252{,}527}\right) = S\ 71{,}8°\ W = 251{,}8°$
Distanz	$d = b/\cos\alpha$	$d = 216{,}4\ sm/\cos 71{,}849° = 694{,}7\ sm$

Tabelle 2.1.5: Besteckrechnung nach vergrößerter Breite – Berechnung von Kurs und Distanz

Der Kurs wird zunächst viertelkreisig ermittelt. Die Umrechnung auf einen vollkreisigen Kurs erfolgt über die Vorzeichen von Breitenunterschied (Nord oder Süd) und Längenunterschied (Ost oder West). Die Angabe S72 °W ist dann zu interpretieren als: von Süd (180 °) ausgehend dreht der Kurswinkel um 72 ° in Richtung West (270 °). Der gesuchte vollkreisige Kurs lautet daher 180 ° + 72 ° = 252 °.

Hier zeigt ein Vergleich zwischen den nach Mittelbreite und nach vergrößerter Breite errechneten Ergebnissen wegen der geringen Distanz und der niedrigen Breite nur vernachlässigbar kleine Unterschiede (0,1 sm in der Distanz). Das Verfahren der Besteckrechnung nach vergrößerter Breite ist mathematisch exakt. Es treten allerdings bei näherungsweise östlichen und westlichen Kursen (wegen $\tan\alpha \to \infty$ und $\cos\alpha \to 0$ für $\alpha \to 90°$) Rundungsfehler auf, wenn die Eingaben in die Formeln mit nicht ausreichender Stellenzahl erfolgt. In diesen Fällen ist das Verfahren nach Mittelbreite vorzuziehen, da wegen des geringen Breitenunterschiedes die Mittelbreite eine ausgezeichnete Näherung darstellt.

(4) Großkreisrechnung

Im Rahmen der Besteckrechnung (nach mittlerer oder vergrößerter Breite) bewegt sich das Schiff auf einer Loxodromen. Der im Sinne eines konstanten Kurses direkte Weg ist auf der Kugelober-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

fläche aber nicht der kürzeste. Umgekehrt führt die kürzeste Verbindung nicht auf einem konstanten Kurs von A nach B. Der folgende Abschnitt analysiert die kürzeste Verbindung zweier Orte auf der Kugeloberfläche im Detail. Es werden zunächst einige Aspekte der Kugelgeometrie vorgestellt, die in diesem Kontext und in der astronomischen Navigation (Kap. 2.2) von Bedeutung sind.

a) Grundlagen der Kugelgeometrie

Großkreis: Die kürzeste Verbindung zwischen zwei Orten auf der Kugeloberfläche ist Teil eines Großkreises. Die einfachste Art, sich davon in anschaulicher Weise zu überzeugen, ist das Spannen eines Fadens zwischen zwei Punkten auf einem Globus. Sind die gewählten Punkte auf nicht zu geringer Breite in Ost-West-Richtung weit genug voneinander entfernt, ist die Abweichung von der Loxodromen gut zu erkennen. Die Meridiane werden vom Faden unter verschiedenen Winkeln geschnitten.

Es sei beispielsweise eine Reise zwischen zwei Orten gleicher geografischer Breite φ geplant. Der Großkreis, auf dem die beiden Orte liegen, hat wie jeder Großkreis (Kap 2.1.2) den Radius R (Erdradius). Die Loxodrome ist in diesem Fall identisch mit dem Bogenstück des Breitenparallels, welches den kleineren Radius $R \cdot \cos\varphi$ (s. Abb. 2.1.11) aufweist. Ein kleinerer Radius bedeutet aber eine größere Krümmung und damit einen längeren Weg. Liegen die beiden Orte auf dem 60. Breitengrad und unterscheiden sich in der Länge um 180°, beträgt die loxodrome Distanz 5.400 sm, während die über den Pol führende Großkreisverbindung nur 3.600 sm lang ist.

Kugeldreieck: Um die Eigenschaften des Großkreises (Distanz, Kurse, Scheitel, Meridianschnitte usw.) zu berechnen, benötigt man trigonometrische Beziehungen zwischen den Seiten und Winkeln im sphärischen Dreieck. Ein sphärisches Dreieck oder Kugeldreieck entsteht durch die Verbindung dreier Punkte auf der Kugeloberfläche durch Großkreisbögen (Abb. 2.1.15). Das in der Besteckrechnung erwähnte loxodromische Dreieck ist in diesem Sinne kein Kugeldreieck.

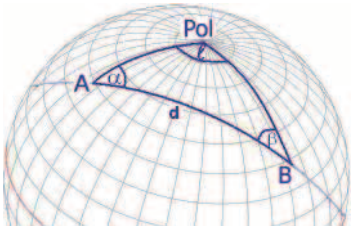


Abb. 2.1.15: Kugeldreieck zur Großkreisrechnung

Ein wichtiger Unterschied zum ebenen Dreieck ist neben der Konvexität der Kugeldreiecksfläche die Angabe der Seiten als Winkel. Die jeweilige Bogenlänge wird auf den Radius der Kugel bezogen. Auf diese Weise werden die drei Seiten eines sphärischen Dreiecks als Winkel am Kugelmittelpunkt interpretiert. Die eigentlichen Winkel sind als Öffnung der Tangenten an zwei benachbarten Seiten an der Ecke des Dreiecks definiert. Ein weiterer Unterschied betrifft die Winkelsumme. Während sie beim ebenen Dreieck immer 180° beträgt, ist sie bei verschiedenen Kugeldreiecken unterschiedlich groß und kann zwischen 180° (sehr kleines fast ebenes Dreieck auf der Kugel) und 540° (drei Punkte auf einem beliebigen Großkreis) liegen. Zum Beispiel hat ein Dreieck, bei dem zwei Ecken um einen Längenunterschied von 90° voneinander entfernt auf dem Äquator liegen und ein Pol die dritte Ecke bildet, drei rechte Winkel. Hier ist die Winkelsumme 270°. In der Navigation spielen nur Kugeldreiecke eine Rolle, bei denen jede Seite und jeder Winkel kleiner als 180° ist.

Im Folgenden werden die für die Großkreisnavigation nützlichen mathematischen Beziehungen lediglich angewendet, aber nicht hergeleitet. Die Beweise sind Gegenstand der sphärischen Trigonometrie [2.1.4].

b) Nautische Großkreisrechnung

Distanz: Sind der Abfahrtsort (φ_A, λ_A) und der Zielort (φ_B, λ_B) gegeben, kann die Länge des Großkreisbogenstückes nach folgender Formel berechnet werden:

$$\cos\delta_G = \sin\varphi_A \cdot \sin\varphi_B + \cos\varphi_A \cdot \cos\varphi_B \cdot \cos\Delta\lambda \Rightarrow d_G = \delta_G \cdot 60\,\text{sm}/° \qquad (2.1.15)$$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Dabei bedeuten δ_G die Distanz und $\Delta\lambda$ den Längenunterschied jeweils als Winkel in °. Die geografischen Breiten müssen mit Vorzeichen (also negativ bei südlicher Breite) eingegeben werden. Das ist entscheidend, wenn der Äquator überquert wird. Es macht einen Unterschied, ob bei gleichem Längenunterschied die beiden Orte auf derselben Halbkugel liegen oder nicht. Im zweiten Fall ist die Distanz größer. Beim Bilden des Längenunterschieds ist auf das eventuelle Überqueren des 0. oder des 180. Längengrades zu achten. Das Vorzeichen des Längenunterschiedes selbst ist dagegen unwesentlich. Die Distanz ändert sich nicht, wenn der Großkreis von B nach A gefahren wird. Als Ergebnis liefert Gl. (2.1.15) die Distanz δ_G zunächst als Winkel in Grad (wenn der Taschenrechner auf „Grad" eingestellt ist). Um die Entfernung in sm umzurechnen, braucht das Ergebnis nur mit 60 sm/° multipliziert werden, da auf einem Großkreis eine Bogenminute einer Seemeile entspricht.

Beispiel: Die geplante Reise führt über den südlichen Pazifik von Punta Arenas (westlicher Ausgang der Magellan-Straße; $\varphi_A = 52° 33'$ S, $\lambda_A = 074° 57'$ W) nach Auckland (südlicher Eingang der Cook-Straße; $\varphi_B = 41° 38'$ S, $\lambda_B = 175° 06'$ E). Wie viele sm werden auf dem Großkreis gegenüber der Loxodromen eingespart?

$$\cos\delta_G = \sin(-52{,}55°)\sin(-41{,}6333°) + \cos(-52{,}55°)\cos(-41{,}6333°)\cos(109{,}95°)$$

$$\delta_G = 68{,}139° \Rightarrow d_G = 4088{,}3 \text{ sm}$$

Zum Vergleich errechnet sich nach vergrößerter Breite eine Distanz von 4516,5 Seemeilen. Der Großkreis ist um 428,2 sm kürzer!

Anfangs- und Endkurs: Der Winkel, unter dem der Großkreis den Meridian des Abfahrtsortes A schneidet, lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$\tan\alpha = \frac{\sin\Delta\lambda}{\cos\varphi_A \cdot \tan\varphi_B - \sin\varphi_A \cdot \cos\Delta\lambda} \tag{2.1.16}$$

Diese Formel hat den Vorteil, dass sie nicht auf die zuvor errechnete Distanz zurückgreift. Ferner ermöglicht sie das Auffinden der vollkreisigen Kursangabe. Dazu muss die Breite mit Vorzeichen (N positiv, S negativ) eingegeben werden, die Länge allerdings ohne Vorzeichen (d. h. positiv). Dann bedeutet ein negativer Wert für α einen südlichen Kurs. Zwischen Ost und West wird anhand des Vorzeichens des Längenunterschieds entschieden.

Werden in Gl. (2.1.16) die Breitenvariablen der beiden Orte vertauscht, entsteht eine Gleichung, deren Lösung den Anfangskurs eines Schiffes angibt, das von B nach A fahren möchte:

$$\tan\beta = \frac{\sin\Delta\lambda}{\cos\varphi_B \cdot \tan\varphi_A - \sin\varphi_B \cdot \cos\Delta\lambda} \tag{2.1.17}$$

Daraus lässt sich als Gegenendkurs der Kurs ableiten, mit dem das in A gestartete Schiff den Ort B erreicht. Dieser Endkurs unterscheidet sich von β um 180°.

Beispiel: Für die Reise von Punta Arenas nach Auckland (s. o.) sind Anfangs- und Endkurs zu berechnen:

$$\tan\alpha = \frac{\sin(109{,}95°)}{\cos(-52{,}55°) \cdot \tan(-41{,}6333°) - \sin(-52{,}55°) \cdot \cos(109{,}95°)} \Rightarrow \alpha = -49°$$

Da der Weg in Richtung Westen führt, lautet der Anfangskurs: S 49° W = 180° + 49° = 229°.

$$\tan\beta = \frac{\sin(109{,}95°)}{\cos(-41{,}6333°) \cdot \tan(-52{,}55°) - \sin(-41{,}6333°) \cdot \cos(109{,}95°)} \Rightarrow \beta = -38°$$

Wegen des negativen Vorzeichens beträgt der Gegenendkurs β (so müsste ein Schiff von Auckland aus in Richtung Punta Arenas starten) S 38° E = 180° – 38° = 142°. Das bedeutet, dass das Schiff in Auckland mit dem Kurs 180° + 142° = 322° ankommt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Das Problem, aus dem mit Hilfe trigonometrischer Gleichungen errechneten viertelkreisigen Winkel den zu steuernden Kurs zu bestimmen, wird meist auf anschauliche Weise zu lösen sein. Dabei hilft die Kenntnis der Position des Scheitelpunktes des Großkreises.

Scheitelpunkt: Als Scheitel wird der Punkt des Großkreises mit der höchsten geografischen Breite definiert (Abb. 2.1.16). Jeder Großkreis hat zwei Scheitel. Sie liegen auf verschiedenen Halbkugeln, haben dieselbe Breite und einen Längenunterschied von 180°. Aus Anfangsbreite und Anfangskurs φ_A lassen sich weitere Werte des Scheitelpunktes berechnen.

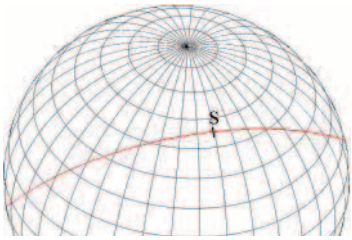


Abb. 2.1.16: Scheitelpunkt eines Großkreises

Die Breite des Scheitelpunktes errechnet sich aus

$$\cos\varphi_S = \cos\varphi_A \cdot \sin\alpha \qquad (2.1.18)$$

Der Längenunterschied zwischen Anfangsort A und Scheitel ergibt sich aus:

$$\tan\Delta\lambda_S = \frac{1}{\sin\varphi_A \cdot \tan\alpha} \qquad (2.1.19)$$

Die Distanz von A bis zum Scheitel lässt sich berechnen durch:

$$\tan\delta_S = \frac{\cos\alpha}{\tan\varphi_A} \qquad (2.1.20)$$

In die drei Formeln ist der Kurs viertelkreisig, wie in Gl. (2.1.16) ermittelt, ohne Vorzeichen (also positiv zwischen 0° und 90°) und mit ausreichender Genauigkeit (mindestens drei Stellen nach dem Komma) einzusetzen.

Beispiel: Wo liegt der Scheitelpunkt für die oben beschriebene Reise von Punta Arenas nach Auckland?

$$\cos\varphi_S = \cos(52{,}55°) \cdot \sin(49{,}2001°) \Rightarrow \varphi_S = 62°\ 35{,}6'\text{S}$$

$$\tan\Delta\lambda_S = \frac{1}{\sin(52{,}55°) \cdot \tan(49{,}2001°)} \Rightarrow \Delta\lambda_S = 47°\ 23{,}7' \Rightarrow \lambda_S = 122°\ 20{,}7'\text{W}$$

$$\tan\delta_S = \frac{\cos(49{,}2001°)}{\tan(52{,}55°)} \Rightarrow \delta_S = 26{,}59° \Rightarrow d_S = 1595{,}2\ \text{sm}$$

Meridianschnittpunkte: Um den Großkreis in die Mercator-Karte zu übertragen, werden seine Schnittpunkte mit den Meridianen, typischerweise alle 10°, berechnet. Das erfolgt zweckmäßigerweise vom Scheitelpunkt aus. Für eine vorgegebene Länge und den daraus resultierenden Längenunterschied zum Scheitel $\leqslant_M$ ergibt sich die Breite des Meridianschnittes φ_M aus:

$$\tan\varphi_M = \tan\varphi_S \cdot \cos\Delta\lambda_M \qquad (2.1.21)$$

Der an diesem Ort zu steuernde Kurs errechnet sich aus folgender Formel:

$$\cos\alpha_M = \sin\varphi_S \cdot \sin\Delta\lambda_M \qquad (2.1.22)$$

Beispiel: In welcher Breite und unter welchem Kurswinkel wird der 180. Längengrad durch den oben berechneten Großkreis zwischen Punta Arenas und Auckland geschnitten?

$$\tan\varphi_M = \tan(62°35{,}6') \cdot \cos(180° - 122°20{,}7') \Rightarrow \varphi_M = 45°53{,}9'\ \text{S}$$

$$\cos\alpha_M = \sin(62°35{,}6') \cdot \sin(180° - 122°20{,}7') \Rightarrow \alpha_M = \text{N}41°\ \text{W} = 319°$$

Mischsegeln: Wenn aus geografischen oder meteorologischen Gründen eine maximale Grenzbreite φ_{max} nicht überschritten werden soll, kann die Reiseroute aus Großkreisen und loxodromen Elementen zusammengesetzt werden. Die kürzeste Distanz ergibt sich dann

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

folgendermaßen: Das Schiff fährt zunächst auf einem Großkreis, der seinen Scheitel auf der Grenzbreite φ_{max} hat. Am Scheitel wird dann auf dem nicht zu überschreitenden Breitenparallel φ_{max} Ost- oder Westkurs – also loxodrom – gesteuert. Das Breitenparallel wird dann wieder auf einem Großkreis verlassen, dessen Scheitel sich ebenfalls auf der maximalen Grenzbreite befindet und der zum Bestimmungsort B führt (Abb. 2.1.17).

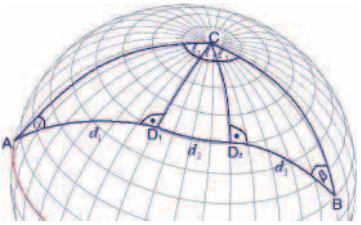


Abb. 2.1.17: Mischsegeln – Kombination von zwei Großkreisen und Loxodrome

Für die beiden Großkreise lassen sich zunächst die Längenunterschiede $\Delta\lambda_1$ und $\Delta\lambda_3$ zwischen Abfahrts- beziehungsweise Bestimmungsort und dem Meridian des jeweiligen Scheitelpunktes in der vorgegebenen Breite (D_1 und D_2) berechnen. Ferner folgen die Teildistanzen δ_1 und δ_3 sowie Anfangs- und Endkurs α und β aus den folgenden Formeln:

$$\cos\Delta\lambda_1 = \frac{\tan\varphi_A}{\tan\varphi_{max}} \quad ; \quad \cos\delta_1 = \frac{\sin\varphi_A}{\sin\varphi_{max}} \quad ; \quad \sin\alpha = \frac{\cos\varphi_{max}}{\cos\varphi_A} \tag{2.1.23}$$

$$\cos\Delta\lambda_3 = \frac{\tan\varphi_B}{\tan\varphi_{max}} \quad ; \quad \cos\delta_3 = \frac{\sin\varphi_B}{\sin\varphi_{max}} \quad ; \quad \sin\beta = \frac{\cos\varphi_{max}}{\cos\varphi_B} \tag{2.1.24}$$

Aus den errechneten Längenunterschieden ergeben sich zusammen mit der maximalen Breite die beiden Orte D1 und D2, an denen die Großkreise in den breitenparallelen Weg übergehen. Zur Gesamtdistanz fehlt nur noch der Anteil auf dem Breitenparallel d_2, der einfach der Abweitung zwischen D1 und D2 entspricht, die sich aus dem Längenunterschied $\Delta\lambda_2$ beziehungsweise der zugehörigen Äquatormeridiandistanz ℓ_2 errechnen lässt:

$$\Delta\lambda_2 = \Delta\lambda - \left(\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_3\right) \Rightarrow \ell_2 \mathrel{\hat{=}} \Delta\lambda_2 \Rightarrow d_2 = \ell_2 \cdot \cos\varphi_{max} \tag{2.1.25}$$

Beispiel: Auf dem Weg von Punta Arenas nach Auckland (s. o.) soll der 60. Breitengrad nicht überschritten werden. Mit welchem Kurs muss Punta Arenas verlassen werden? Auf welchem Meridian wird 60 ° S erreicht? Wo muss dieses Breitenparallel verlassen werden, um auf dem zweiten Großkreis Auckland anzusteuern? Unter welchem Kurs erreicht man den Ort B? Wie lang ist die Gesamtdistanz?

Kurse und Meridiane:

$$\sin\alpha = \frac{\cos(60°)}{\cos(52{,}55°)} \Rightarrow \alpha = \text{S}55° \text{ W} = 235°$$

$$\cos\Delta\lambda_1 = \frac{\tan(52{,}55°)}{\tan(60°)} \Rightarrow \Delta\lambda_1 = 41°04{,}9' \Rightarrow \lambda_1 = 116°01{,}9' \text{ W}$$

$$\cos\Delta\lambda_3 = \frac{\tan(41{,}6333°)}{\tan(60°)} \Rightarrow \Delta\lambda_3 = 59°07{,}4' \Rightarrow \lambda_3 = 125°46{,}6' \text{ W}$$

$$\sin\beta = \frac{\cos(60°)}{\cos(41{,}6333°)} \Rightarrow \beta = \text{S}42° \text{ E} = 138° \Rightarrow \beta' = 180° + 138° = 318°$$

Distanzen:

$$\cos\delta_1 = \frac{\sin(52{,}55°)}{\sin(60°)} \Rightarrow \delta_1 = 23{,}55° \Rightarrow d_3 = 1413{,}1 \text{ sm}$$

$$\cos\delta_3 = \frac{\sin(41{,}6333°)}{\sin(60°)} \Rightarrow \delta_3 = 39{,}90° \Rightarrow d_3 = 2394{,}1 \text{ sm}$$

$$\Delta\lambda_2 = 125°46{,}6' - 116°01{,}9' = 9°44{,}7' = 584{,}7' \Rightarrow \ell_2 = 5{,}847 \text{ sm}$$

$$d_2 = 584{,}7 \text{ sm} \cdot \cos(60°) = 292{,}35 \text{ sm}$$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Daraus ergibt sich eine Gesamtdistanz von 4099,6 Seemeilen. Das sind nur 11,3 Seemeilen mehr als auf dem direkten Großkreis. Gegenüber der Loxodromen von Punta Arenas nach Auckland ergibt sich immer noch eine Ersparnis von 416,9 sm (s. o.). Wird die maximale Breite auf 55° S begrenzt, verlängert sich die Distanz gegenüber der reinen Großkreisroute um 104,3 sm auf 4192,6 sm.

c) Praktische Hinweise

Bei der Wahl der Reiseroute sind hydrometeorologische Aspekte und die damit verbundene kompliziertere Navigation gegenüber der Distanzersparnis auf dem Großkreis abzuwägen. Für Routen, auf denen der Großkreis eine bedenkenswerte Alternative zur Loxodromen darstellt, finden sich in den Seehandbüchern der jeweiligen Regionen Hinweise.

Zur Reiseplanung ist eine Großkreiskarte (Abb. 2.1.18) hilfreich. Wegen der gnomonischen Projektion werden alle Großkreise als Geraden abgebildet. Daher können in dieser Karte die Orte A und B mit dem Lineal verbunden werden. Daraus lassen sich die Meridianschnitte und die zu steuernden Kurse direkt ablesen und in die Mercator-Karte übertragen.

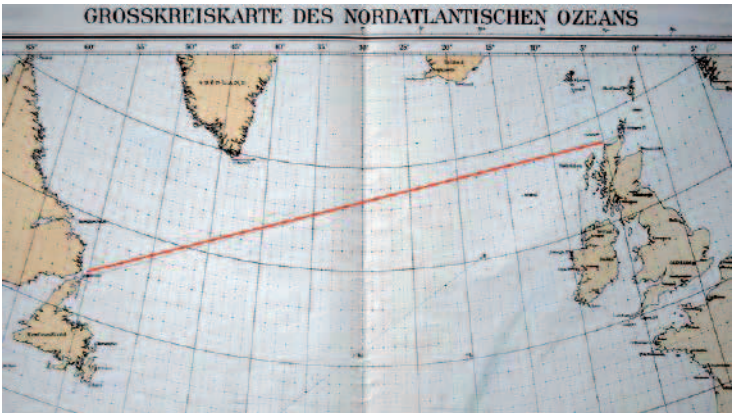


Abb. 2.1.18: Großkreiskarte des Nord-Atlantiks mit Großkreis zwischen Pentland Firth und Belle Isle (Kanada)

In der Praxis wird der Großkreis durch eine Folge von Loxodromen mit unterschiedlichen Kursen ersetzt. Es ist unüblich, nach jeder Versetzung durch Strom und Wind zur ursprünglich geplanten Route zurückzusteuern. Stattdessen wird (einmal täglich) auf der Basis einer Positionsbestimmung vom beobachteten Ort aus ein neuer Großkreis zum Zielort berechnet. Die jederzeitige Anzeige des zu fahrenden Großkreiskurses auf Satellitennavigationsempfängern hat die früher übliche Berechnung der Distanz, nach welcher der Kurs um 1° zu ändern ist, überflüssig gemacht.

2.1.4 Kurse und Kursbeschickung

Der Kurs ist allgemein definiert als Winkel zwischen der Nordrichtung und der Kiellinie des Schiffes. Kurse werden in Grad angegeben, wobei der Nordrichtung ein Kurs von 0° (oder 360°) entspricht. Die anderen drei Haupthimmelsrichtungen sind im Uhrzeigersinn um jeweils 90° gedreht: Ost (90°), Süd (180°) und West (270°). Neben der mathematischen Gradeinteilung der Kompassrose existiert noch eine nautische Unterteilung in 32 Striche. Die Striche entstehen durch mehrmaliges Halbieren der Himmelsrichtungen. Abb. 2.1.19 zeigt die Kompassrose mit vollständiger Stricheinteilung im nordöstlichen Quadranten. Jeder Strich entspricht 360°/32 = 11,25°.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

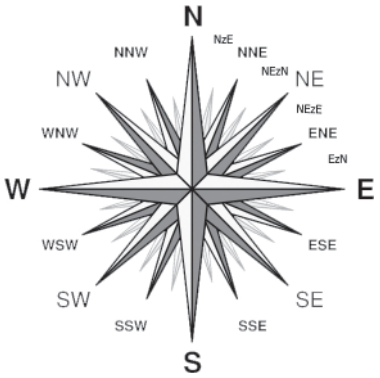


Abb. 2.1.19: Kompassrose mit Stricheinteilung

Es gibt allerdings verschiedene Nordrichtungen. Die Nadel eines Magnetkompasses weist in der Regel nicht in dieselbe Richtung wie der Kreiselkompass, beide Kompasse nicht in die geografische Nordrichtung rwN. Daher existieren unterschiedliche Kursbegriffe.

Rechtweisender Kurs: Unabhängig von jedem Kompass ist der rechtweisende Kurs (rwK) definiert als der Winkel zwischen der geografischen Nordrichtung rwN und der Kiellinie des Schiffes.

Kompasskurs und Fehlweisung: Der Winkel zwischen der Nordrichtung eines Kompasses und der Kiellinie des Schiffes heißt Kompasskurs (KpK). Da sowohl der Magnetkompass als auch der Kreiselkompass systematische Fehler aufweisen, gibt es eine Differenz zwischen dem rwK und dem KpK. Diese Differenz heißt Fehlweisung (Fw). Der KpK kann größer oder kleiner als der rwK sein. Die Fehlweisung hat also ein Vorzeichen, das sich aus folgender Definition ergibt:

$$rwK = KpK + Fw \tag{2.1.26}$$

Diese Gleichung folgt einer allgemeinen Vorzeichenkonvention. Die Berichtigung des jeweiligen Fehlers wird mit entsprechendem Vorzeichen zur mit dem Kompass beobachteten („fehlerbehafteten“) Größe addiert, um diese zu korrigieren (zu „beschicken“). Entsprechend wird die Berichtigung subtrahiert, wenn aus dem vorgegebenen rwK der am Kompass zu steuernde KpK zu bestimmen ist.

(1) Magnetkompass

Die Nadel des Magnetkompasses richtet sich an den Feldlinien des Magnetfeldes am Ort des Kompasses aus. Dieses Magnetfeld hat im Wesentlichen zwei Ursachen: das Magnetfeld der Erde und das vom Schiff selbst erzeugte Magnetfeld. Aufbau und Wirkungsweise werden in Kap. 3.2.2 beschrieben.

Missweisung: Die Feldlinien des Erdmagnetfeldes verlaufen in der Regel nicht parallel zu den Meridianen. Die Positionen der magnetischen Pole sind auch nicht identisch mit denen der geografischen Pole. Daher weist der Magnetkompass – auch ohne Störung durch den schiffseigenen Magnetismus – nicht nach rwN. Der Winkel unter dem die Feldlinien des Erdmagnetfeldes den Meridian schneiden, heißt Missweisung (Mw). Die Missweisung hängt vom geografischen Ort auf der Erdoberfläche ab. Linien gleicher Missweisung heißen Isogonen. Die Missweisung ist ein Winkel zwischen -180° und +180°. Das Vorzeichen ist positiv oder östlich, wenn die missweisende Nordrichtung östlich von der rechtweisenden Nordrichtung liegt (da der gemessene Kurs zu klein ist). Wenn andererseits die missweisende Nordrichtung westlich von der rechtweisenden liegt, ist das Vorzeichen der Missweisung negativ (da der gemessene

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

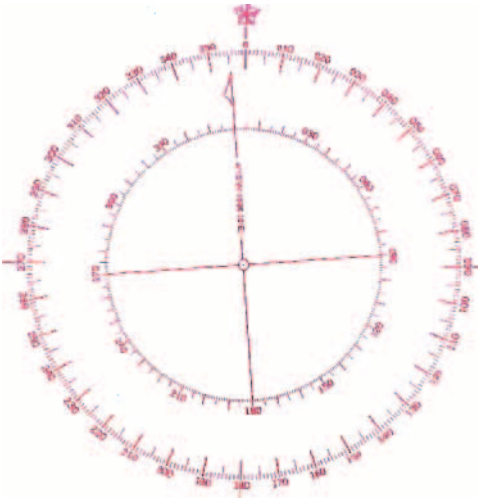


Abb. 2.1.20: Vorzeichen, Betrag und zeitliche Änderung der Missweisung

Kurs zu groß ist). Da sich das Erdmagnetfeld im Laufe der Zeit verändert, unterliegt auch die Missweisung einer zeitlichen Änderung. Für ausgewählte geografische Orte sind ihr Wert und dessen zeitliche Änderung in der Seekarte abgedruckt. In Abb. 2.1.20 hat die Missweisung den Wert 4 °15' W (also Mw = -4,25 °). Dieser gilt dem Aufdruck entsprechend für das Jahr 1995. Mit der ebenfalls angegebenen zeitlichen Änderung von 8' E pro Jahr resultiert beispielsweise für das Jahr 2010 eine Missweisung von etwa -2,5 W.

Ablenkung: Die Richtung der Magnetnadel wird auch vom schiffseigenen Magnetfeld beeinflusst und zeigt daher im Allgemeinen nicht in die missweisende Nordrichtung. Die Differenz zwischen der missweisenden Nordrichtung und der Nordrichtung des Magnetkompasses heißt Ablenkung (Abl) oder Deviation. Die Ablenkung zählt ebenfalls prinzipiell von -180 ° bis +180 °, auch wenn zu große Werte den Magnetkompass praktisch unbrauchbar machen. Das Vorzeichen der Ablenkung ist positiv, wenn die Nordrichtung des Kompasses östlich von der missweisenden Nordrichtung liegt. Es ist negativ, wenn die Nordrichtung des Kompasses westlich von der missweisenden Nordrichtung liegt. Die Ablenkung hängt im Wesentlichen vom Kurs des Schiffes ab. An Bord gibt es entweder Ablenkungstabellen oder Ablenkungskurven für die Abhängigkeit vom Kurs. Dabei werden als Eingangsgrößen sowohl der Magnetkompasskurs als auch der missweisende Kurs verwendet (Abb. 2.1.21).

Steuertafel

MgK		Abl	mwK		Abl
°		°	°		°
000	–	4	000	–	3
010	–	1	010	–	1
020	+	2	020	+	2
030	+	5	030	+	4
040	+	7	040	+	6
050	+	9	050	+	7
060	+	10	060	+	9
070	+	11	070	+	10
080	+	12	080	+	11
090	+	11	090	+	11
100	+	10	100	+	11
110	+	9	110	+	10
120	+	8	120	+	9
130	+	8	130	+	8

Abb. 2.1.21: Ausschnitt aus einer Ablenkungstabelle

Kursbeschickung: Missweisung und Ablenkung zusammen bilden die Fehlweisung des Magnetkompasses. Das Umrechnen des rwK in den zu steuernden MgK (oder umgekehrt) heißt Kursbeschickung. Dabei ist auf die Wahl des richtigen Vorzeichens zu achten. Ausgehend vom Magnetkompasskurs werden Ablenkung und Missweisung in dieser Reihenfolge nacheinander mit ihrem oben definierten Vorzeichen addiert, um zunächst den missweisenden Kurs (mwK) und schließlich den rechtweisenden Kurs zu erhalten. Ist dagegen der rechtwei-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

sende Kurs vorgegeben, muss das Schema in der umgekehrten Reihenfolge bearbeitet werden. An den – physikalisch bedingten – Vorzeichen von Mw und Abl ändert sich dabei nichts, nur an der Art der Rechnung (Summe oder Differenz).

	MgK
+	Abl
	mwK
+	Mw
	rwK

Kompasskontrolle: Die Ablenkung ist – nicht zuletzt bedingt durch Tiefgang, Krängung und Ladung – zeitlichen Veränderungen unterworfen. Deshalb sind an Bord regelmäßige Kompasskontrollen unerlässlich und vorgeschrieben. Die einfachste Methode, den Magnetkompass zu kontrollieren, ist der Vergleich mit dem Kreiselkompass. Das setzt voraus, dass die Fehler des Kreiselkompasses genau genug bekannt sind und damit der rwK. Dann kann nach einem Blick in die Seekarte zum Auffinden der Mw die Ablenkung bestimmt werden:

$$Fw = rwK - MgK \;\Rightarrow\; Abl = Fw - Mw \tag{2.1.27}$$

Ohne Bezug auf den Kreiselkompass kann die Ablenkung an einem festen, genau bekannten Ort durch Peilen eines geeignetes Objekts und einem Vergleich zwischen Magnetkompasspeilung (MgP) und rechtweisender Peilung (rwP) gemessen werden. Die rwP ergibt sich dabei als Richtung vom Schiffsort zum Peilobjekt aus der Seekarte.

$$Fw = rwP - MgP \;\Rightarrow\; Abl = Fw - Mw \tag{2.1.28}$$

Dieselbe Auswertung ist möglich, wenn zwei hinreichend weit voneinander entfernte Objekte in dem Augenblick gepeilt werden, wenn ihre Peilung gleich ist (Deckpeilung). Die rwP lässt sich dann ebenfalls der Seekarte entnehmen.

Durch langsames Drehen des Schiffes am Ort und Ablesen der Peilung in Abständen von 10° kann auf diese Weise die komplette Ablenkungskurve ermittelt werden. Statt terrestrischer Objekte können auch astronomische Objekte (Sonne, Planeten oder Fixsterne) gepeilt und deren rechtweisende Peilung berechnet werden. Das Verfahren der astronomischen Kompasskontrolle wird in Kapitel 2.2.3 beschrieben.

(2) Kreiselkompass

Physikalische Gesetze, Funktionsprinzip und Aufbau des Kreiselkompasses, die zum Einschwingen der Kreiselachse in die Nordrichtung führen, werden in Kap. 3.2.1 beschrieben. Der Kreiselkompass ist im Normalfall deutlich genauer als der Magnetkompass, aber auch der Kreiselkompass ist mit typischen Fehlern behaftet, die berücksichtigt werden müssen.

a) Fahrtfehler: Wenn das Schiff fährt, überlagern sich die Geschwindigkeitsvektoren des Schiffes und der Erdrotation. Dieses erzeugt ein zusätzliches Drehmoment auf die Kreiselachse, die dann von der Nordrichtung rwN abweicht und nach KrN zeigt. Die Abweichung der Kreiselachse von der rechtweisenden Nordrichtung heißt Fahrtfehler. Die Fahrtfehlerberichtigung (Ff) lässt sich nach folgender Formel berechnen (s. Kap. 3.2.1 und [2.1.3]):

$$\sin Ff = -\frac{v_G \cdot \cos KrK}{V \cdot \cos\varphi} \tag{2.1.29}$$

Dabei ist v_G die Schiffsgeschwindigkeit (Fahrt über Grund), KrK der Kreiselkompasskurs und V = 21.600 sm/24 h = 900 kn die Umlaufgeschwindigkeit eines Ortes auf dem Äquator. Das Produkt $V \cdot \cos\varphi$ entspricht demnach der Umlaufgeschwindigkeit eines Ortes auf dem Breitenparallel der Breite φ. Alternativ kann Ff als Funktion des rwK ausgedrückt werden:

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

$$\tan Ff = -\frac{v_G \cdot \cos rwK}{V \cdot \cos\varphi + v \cdot \sin rwK} \qquad (2.1.30)$$

Der Betrag des Fahrtfehlers wächst mit zunehmender Breite und mit der Geschwindigkeit des Schiffes. Da die Umlaufgeschwindigkeit eines Ortes auf der Erdoberfläche groß im Vergleich zur Geschwindigkeit des Schiffes ist, fällt die Abweichung von der Nordrichtung im Allgemeinen gering aus. In hohen Breiten wird der Fehler größer. Das Vorzeichen der Berichtigung des Fahrtfehlers[2] folgt der gleichen Konvention, die bereits bei der Definition von Missweisung und Ablenkung Anwendung fand. Der Fahrtfehler ist positiv, wenn die Nordrichtung des Kompasses östlich von der rechtweisenden Nordrichtung liegt. Umgekehrt ist er negativ, wenn, wie in Abb. 3.2.4 (s. Kreiselkompass), die Nordrichtung des Kompasses westlich von der rechtweisenden Nordrichtung liegt. Allgemein gilt, dass die Kreiselachse bei Vorausfahrt nach Backbord ausweicht, so dass der Fahrtfehler auf nördlichen Kursen negativ und auf südlichen Kursen positiv ist. Diese Vorzeichenregel ist durch das Minuszeichen in den Formeln berücksichtigt. Die beiden Fahrtfehler-Formeln liefern bei vollkreisiger Eingabe des Kurses das Ergebnis mit dem richtigen Vorzeichen. Beispiel: Ein Schiff fährt auf 50° Breite mit 18 kn den Krk 328°. Der nach Gl. (2.1.29) errechnete Fahrtfehler beträgt dann -1,5°. Steuert das Schiff Ost- oder West-Kurs, ist der Fahrtfehler Null.

b) Aufstellungsfehler (Kreisel-A): Der Kreiselkompass kann durch eine nicht einwandfreie Aufstellung an Bord bzw. durch einen ungenauen Steuerstrich einen konstanten Aufstellungsfehler – auch Kreisel-A (KrA) genannt – aufweisen. Dieser hängt weder vom Ort noch von Kurs oder Geschwindigkeit des Schiffes ab. Das Vorzeichen des Aufstellungsfehlers wird analog zu dem des Fahrtfehlers festgelegt. Liegt bei ruhendem Schiff (also ohne Fahrtfehler) die Nordrichtung des Kompasses östlich von der rechtweisenden Nordrichtung, ist das Kreisel-A positiv. KrA ist der statische Anteil des allgemeineren Kreiselkompassfehlers Kreisel-R. Näheres findet sich in Kapitel 3.2.1.

Der Kreiselkompasskurs lässt sich leicht überprüfen, wenn das Schiff fest an der Pier liegt. Dann ist der Fahrtfehler Null. Wenn sichergestellt ist, dass das Schiff genau parallel zur Pier liegt, ist die Differenz aus abgelesenem Kreiselkurs und dem der Seekarte entnommenen rechtweisenden Kurs gleich dem Aufstellungsfehler:

$$KrA = rwK - KrK \ (\text{falls } Ff = 0) \qquad (2.1.31)$$

Die Kursbeschickung des Kreiselkompasses erfolgt nach folgendem Schema:

KrK
+ KrA
+ Ff
rwK

(3) Bewegung durch das Wasser: KdW und FdW

Umwelteinflüsse wie Wind und Strom versetzen das Schiff und sorgen für eine Differenz zwischen dem rechtweisenden Kurs und der Richtung, in der sich das Schiff bewegt. Sie müssen bei der Bestimmung der resultierenden Schiffsbewegung über Grund und bei der Wahl eines zu steuernden Kurses berücksichtigt werden.

Beschickung für Wind: Unter seitlichem Windeinfluss fährt das Schiff, bezogen auf die (zunächst als ruhend angenommene) Wasseroberfläche, in eine von der Kiellinie abweichende

[2] Auf die das Vorzeichen betreffende strenge Unterscheidung zwischen dem Fahrtfehler FF und dessen Berichtigung Ff wird hier zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

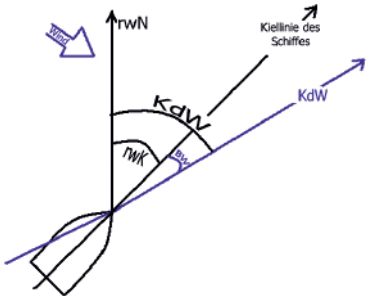


Abb. 2.1.22: Kurs durchs Wasser (KdW) und die Beschickung für Wind (BW)

Richtung (Abb. 2.1.22). Dieser Kurs durchs Wasser (KdW) muss daher vom rwK unterschieden werden. Die Differenz zwischen beiden Richtungen heißt Beschickung für Wind (BW). Es gilt:

$$KdW = rwK + BW \tag{2.1.32}$$

Das Vorzeichen der Beschickung für Wind folgt aus dieser Definition. Es ist positiv, wenn der Kurs durchs Wasser größer ist als der rechtweisende Kurs. Das ist aber stets dann der Fall, wenn das Schiff durch den Wind nach Steuerbord – also zu größeren Kurszahlen hin – versetzt wird. Allgemein gilt die Regel: Kommt der Wind von Backbord, ist die Beschickung für Wind positiv. Kommt der Wind von Steuerbord, ist die Beschickung für Wind negativ.

Wegen der Veränderlichkeit des Windes muss die Beschickung für Wind in der Regel geschätzt werden. Dazu kann die Differenz zwischen der Kiellinie des Schiffes und der Richtung des Kielwassers genutzt werden. Häufig beruht die Schätzung auf der Beobachtung des in der Vergangenheit zurückgelegten Weges. Es wird ein Kurs gesteuert und mittels zweier Ortsbestimmungen zu verschiedenen Zeiten der tatsächlich zurückgelegte Weg festgestellt. Mit der Differenz in der Richtung wird dann der Kurs korrigiert (Vorhalten). Die Schemata für die Kursbeschickung werden entsprechend ergänzt:

MgK	KrK
+ Abl	+ KrA
mwK	+ Ff
+ Mw	rwK
rwK	+ BW
+ BW	KdW
KdW	

(4) Bewegung über Grund: KüG und FüG

Beschickung für Strom: Wenn sich der Wasserkörper, in dem das Schiff schwimmt, relativ zum Meeresboden bewegt, müssen der Kurs durchs Wasser (KdW) und der Kurs über Grund (KüG) voneinander unterschieden werden. Die Differenz zwischen diesen beiden Kursen heißt Beschickung für Strom (BS). Es gilt:

$$KüG = KdW + BS \tag{2.1.33}$$

Auch diese Definition legt das Vorzeichen der Beschickung fest. Es ist positiv, wenn der Kurs über Grund größer ist als der Kurs durchs Wasser.

Wegen der größeren Stetigkeit und der besseren Vorhersagbarkeit des Stromes wird in der nautischen Praxis die Beschickung für Strom nicht wie diejenige für den Wind einfach

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

geschätzt. Sie lässt sich vielmehr auf geometrische Weise quantitativ bestimmen. Dazu werden die Winkelbeziehungen in Gl. (2.1.33) zu Geschwindigkeitsvektoren erweitert:

$$\vec{v}_G = \vec{v}_W + \vec{v}_S \tag{2.1.34}$$

Nach dieser Definition des Stromvektors ist die Richtung des Stromes als diejenige festgelegt, in die das Wasser fließt. Das ist bei der Windrichtung anders. Es heißt: Der **Strom setzt nach** Osten, aber der **Wind kommt aus** Nordwest.

Stromdreieck: Die Addition (oder Subtraktion) der Vektoren wird grafisch durchgeführt. Dabei bilden die drei Geschwindigkeitsvektoren ein Dreieck – das so genannte Stromdreieck (Abb. 2.1.23).

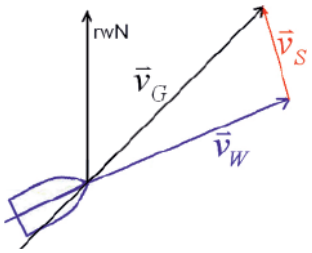


Abb. 2.1.23: Das Stromdreieck

Es gibt unterschiedliche nautische Fragestellungen, bei denen sich auch die Konstruktion des Stromdreiecks unterscheidet. Im Folgenden werden drei typische Probleme und ihre Lösung gezeigt.

Bestimmung des Stromvektors: Das Schiff steuert rwK = 136° mit FdW = 15,5 kn. Es wird – bei Windstille – nach einer Positionsbestimmung festgestellt, dass das Schiff über Grund gelaufen ist. Es ist der Stromvektor zu ermitteln, um die Beschickung für Strom an den für die nächste Stunde zu steuernden Kurs anzubringen.

Die Geschwindigkeitsvektoren über Grund und durch das Wasser werden von einem gemeinsamen Koordinatenursprung aus mit den angegebenen Beträgen (z. B. im Maßstab 1 cm ≙ 1 kn) und den Richtungen gezeichnet (Abb. 2.1.24). Durch Verbinden der Endpunkte der Vektoren wird der Differenzvektor gebildet. Laut Gl. (2.1.34) ist das der gesuchte Stromvektor. Er zeigt vom Vektor $\vec{v}_W$ zum Vektor $\vec{v}_G$. Seine Richtung lässt sich mit einem Kursdreieck ablesen. In diesem Beispiel ergibt sich 271°. Der Strom setzt also in Richtung Westen. Der Betrag des Stromvektors wird mit dem Lineal abgemessen. Nach Umrechnen mit dem gewählten Maßstab ergeben sich 2,7 kn.

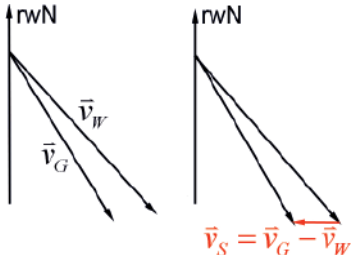


Abb. 2.1.24: Bestimmung des Stromvektors als Differenzvektor

Bestimmung des Kurses und der Fahrt über Grund: Das Schiff steuert rechtweisend 246° und macht 12,8 kn Fahrt durchs Wasser. Dem Stromatlas (s. Kap. 2.1.6) wird ein Stromvektor mit 197° und 4,3 kn entnommen. Zu bestimmen ist die Bewegung des Schiffes über Grund.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zunächst wird der Vektor $\vec{v}_W$ gezeichnet (Abb. 2.1.25). An dessen Ende wird dann der Stromvektor $\vec{v}_S$ nach Richtung und Betrag angetragen. Schließlich bildet man die vektorielle Summe durch Verbinden des Ursprungs von $\vec{v}_W$ mit dem Ende des Stromvektors $\vec{v}_S$. Sie ergibt gemäß Gl. (2.1.34) den Vektor für die Bewegung über Grund $\vec{v}_G$. Für dieses Beispiel ergibt sich: KüG = 234 ° und FüG = 16,0 kn.

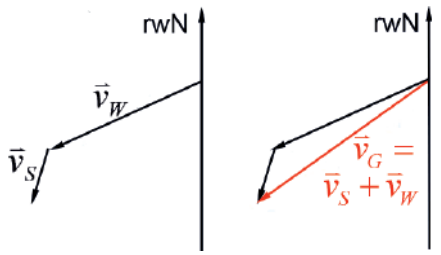


Abb. 2.1.25: Bestimmung des Kurses und der Fahrt über Grund durch Vektorsumme

Bestimmung von Kurs durchs Wasser und Fahrt über Grund: Das Schiff soll bei einer Fahrt von FdW = 11 kn unter Berücksichtigung des südwestlich mit 3 kn setzenden Stromes nach Karte einen Kurs von KüG = 324 ° steuern. Zu bestimmen sind der zu steuernde Kurs durchs Wasser, die Fahrt über Grund und die Beschickung für Strom.

Bei dieser typischen nautischen Fragestellung ist die Lösung etwas komplizierter, weil von den beiden Geschwindigkeitsvektoren des Schiffes jeweils nur eine Komponente gegeben ist: Von der Fahrt über Grund ist die Richtung vorgegeben und der Betrag gesucht. Von der Fahrt durchs Wasser ist dagegen der Betrag bekannt und die Richtung gefragt. Daher wird zunächst im Ursprung eine unbegrenzte Gerade mit der gewünschten Richtung des KüG (hier 324 °) gezeichnet (Abb. 2.1.26). An den Ursprung wird auch der Stromvektor (225 °; 3 kn) angetragen. Um zu ermitteln, wo und mit welchem KdW das Schiff bei der vorgegebenen FdW (hier 11 kn) auf dem KüG-Strahl ankommt, wird ein Kreisbogen mit dem Radius FdW (hier 11 kn) um den Endpunkt des Stromvektors geschlagen. Der Schnittpunkt des Kreisbogens mit der KüG-Geraden (hier in Richtung 324 °) vervollständigt das Stromdreieck. Er ist der Endpunkt sowohl des KdW-Vektors als auch des KüG-Vektors. Damit legt er sowohl die Richtung des zu fahrenden KdW-Vektors (hier 340 °) als auch die Länge des KüG-Vektors (hier 10,1 kn) fest.

Berechnungen für eine Beschickung für Strom werden in der Praxis auf schnellen Schiffen häufig vernachlässigt. Sie sind aber von großer Bedeutung, wenn in Küstennähe wegen flachen Wassers oder bei der Lotsenübernahme mit geringer Geschwindigkeit gefahren wird. Weitere Hinweise zu Gezeitenströmen sind in Kapitel 2.1.6 zu finden.

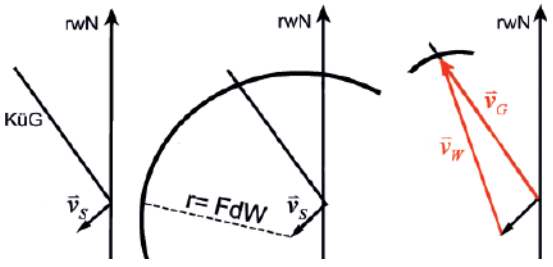


Abb. 2.1.26: Bestimmung von Kurs durchs Wasser und Fahrt über Grund

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zusammenfassung der Kursbeschickungen: Im Allgemeinen unterliegt der Weg des Schiffes gleichzeitig den Einflüssen des Windes und der Meeresströmung. Dann muss die Kursbeschickung um die Beschickungen sowohl für Wind als auch für Strom ergänzt werden:

MgK	KrK
+ Abl	+ KrA
mwK	+ Ff
+ Mw	rwK
rwK	+ BW
+ BW	KdW
KdW	+ BS
+ BS	KüG
KüG	

2.1.5 Terrestrische Ortsbestimmung

Koppelort und beobachteter Ort: Die in Kap. 2.1.3 formulierte Besteckrechnung dient der Berechnung des für einen bestimmten Zeitpunkt erwarteten Schiffsortes auf der Grundlage einer früheren Position, der unter der Annahme von Kurs und Geschwindigkeit in die Zukunft projiziert wird. Diese auch als Koppeln bezeichnete Art der Ortsbestimmung ist wegen der äußeren Einflüsse auf den tatsächlichen Weg des Schiffes eine Schätzung. Eine durch Besteckrechnung gefundene Position heißt Koppelort. Das Koppeln bedarf der regelmäßigen Kontrolle durch Messungen des Schiffsortes. Das Resultat einer Messung heißt „Beobachteter Ort". Die in diesem Kapitel behandelten terrestrischen Methoden der Ortsbestimmung können zur Kontrolle der ebenfalls an Bord genutzten technischen und astronomischen Verfahren und insbesondere bei deren Ausfall zum Einsatz kommen.

(1) Standlinien

Schiffe bewegen sich auf der zweidimensionalen Erdoberfläche. Ein Ort wird daher durch die Angabe zweier Koordinaten (Breite und Länge) eindeutig bestimmt. Durch die Messung einer geometrischen Größe wird die Menge der möglichen Schiffsorte auf die Standlinie reduziert. Eine Standlinie ist also die Menge aller Punkte, für die eine zur Ortsbestimmung gemessene Größe gleich ist. Alle Schiffe, die z. B. die Sonne in einer bestimmten Höhe sehen, befinden sich auf einer Standlinie. Je nach Art der Messung haben Standlinien eine unterschiedliche geometrische Form. Sie können Geraden, Kreise oder – bei technischen Verfahren – auch Hyperbeln sein.

a) Peilung

Die Standlinie einer Peilung ist eine Gerade: Alle Schiffe, die ein Leuchtfeuer in der gleichen rechtweisenden Peilung sehen, befinden sich auf einem Strahl, der am Leuchtfeuer seinen Ursprung hat und in der zur Peilung entgegengesetzten Richtung von diesem wegführt (Abb. 2.1.27). Die Kielrichtung des Schiffes ist dabei unerheblich.

Wird die Peilung mit einem Kompass durchgeführt, müssen die Kompassfehler berücksichtigt werden. Das Verfahren ist analog zur Kursbeschickung, wobei beim

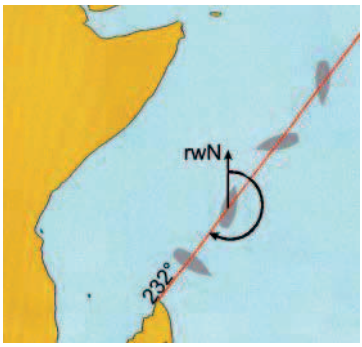


Abb. 2.1.27: Peilstrahl als Standlinie einer Peilung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Magnetkompass unbedingt darauf zu achten ist, dass die Ablenkung vom Kurs (MgK) und nicht von der Peilung (MgP) abhängt:

MgP	KrP
+ Abl (MgK)	+ KrA
mwP	+ Ff
+ Mw	rwP
rwP	

Wie jede Standlinie ist auch die einer Peilung mit Fehlern behaftet. Der Winkel lässt sich nur mit einer endlichen Genauigkeit messen. Zur Unsicherheit in der Beobachtung auf einem rollenden Schiff kommen Grenzen der Kenntnis von Kompassfehlern. Ein Peilfehler σ_P bewirkt eine zum Peilstrahl senkrechte Verschiebung des Schiffsortes σ_d. Es gilt:

$$\sigma_d = \frac{\pi}{180°} \, d \cdot \sigma_P \tag{2.1.35}$$

Dabei bedeutet d die Distanz des Schiffes zum gepeilten Objekt. Die Peilungsungenauigkeit wird in Grad und die Distanz in sm eingegeben. (Der Umrechnungsfaktor $\pi/180°$ sorgt dafür, dass die Ungenauigkeit in sm berechnet wird.) Liegt beispielsweise ein Peilfehler von 2° vor und ist das gepeilte Leuchtfeuer 15 sm entfernt, resultiert aus Gl. (2.1.35) eine Verschiebung von etwa 0,5 sm.

b) Abstandsmessung

Durch Messung des Abstandes von einem Objekt entsteht eine kreisförmige Standlinie. Alle Schiffe, die zum Beispiel mit dem Radar den gleichen Abstand von einer Landmarke beobachten, befinden sich auf einem Kreis mit der Landmarke als Mittelpunkt. Der Radius des Kreises ist der Abstand.

Feuer in der Kimm: Zur Abstandsbestimmung kann die nächtliche Beobachtung eines Leuchtfeuers in der Kimm eingesetzt werden. Erscheint bei Annäherung des Schiffes ein Feuer zum ersten Mal im Horizont oder verschwindet es gerade bei Entfernung, entspricht die Sichtweite des Feuers dem Abstand des Schiffes von der Lichtquelle. Diese lässt sich in geometrischer Weise bestimmen. Dabei spielen die Höhe des Leuchtfeuers H und die Augeshöhe des Beobachters h eine Rolle. Zusätzlich zu diesen in Abbildung 2.1.28 skizzierten Einflussfaktoren ist für eine genaue Auswertung die Berücksichtigung der Lichtstrahlenbrechung in der Atmosphäre von Bedeutung [2.1.2]. Mit Hilfe des Faktors 2,075 für mittlere atmosphärische Bedingungen wird die Distanz d in sm errechnet.

$$d[sm] = 2{,}075 \cdot \left(\sqrt{H[m]} + \sqrt{h[m]}\right) \tag{2.1.36}$$

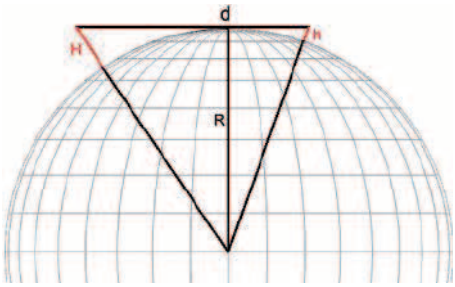


Abb. 2.1.28: (Geometrischer) Abstand von einem Feuer in der Kimm

Die Zuverlässigkeit der Abstandsmessung durch Beobachtung eines Feuers in der Kimm ist bei klarer Sicht relativ hoch. Lediglich die Unkenntnis über den Wasserstand (der die Höhe des

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Leuchtfeuers beeinflusst) und der Seegang beeinträchtigen die Genauigkeit. Wird beispielsweise die Höhe eines in der Seekarte mit 36 m angegebenen Leuchtfeuers wegen der Tide um 2 m zu gering erfasst, folgt aus Gl. (2.1.36) eine Entfernung, die um etwa 0,4 sm überschätzt wird [2.1.2]. Bei schlechteren Sichtverhältnissen ist die Ortsbestimmung mit dieser Methode mit Vorsicht zu beurteilen. Sie bedarf in diesem Fall einer baldigen Überprüfung.

Horizontalwinkelmessung: Durch Messen des horizontalen Winkels zwischen zwei in der Seekarte verzeichneten Objekten kann ebenfalls eine kreisförmige Standlinie erzeugt werden. Der Horizontalwinkel wird durch Differenzbildung zweier Kompasspeilungen ermittelt.[3)] Die Kompassfehler heben sich dabei auf. Das macht die Horizontalwinkelmessung zu einer sehr genauen Methode terrestrischer Ortsbestimmung.

Die Standlinie einer Horizontalwinkelmessung ist ein Kreis, in welchem die Verbindungsstrecke der beiden beobachteten Objekte eine Sehne bildet. Zur Konstruktion des Kreises muss zunächst dessen Mittelpunkt gefunden werden. Dazu wird die Differenz des Horizontalwinkels zu 90° jeweils an die Verbindungsstrecke beider Orte angetragen. Das gilt unabhängig davon, ob der Horizontalwinkel kleiner oder größer als 90° ist. Der Schnittpunkt der so gefundenen von den Objekten ausgehenden Strahlen ist der Mittelpunkt des Standlinienkreises s. Abbildung 2.1.29 zeigt die Konstruktion für einen Horizontalwinkel von weniger als 90°. Ist dagegen die Peilungsdifferenz größer als 90°, muss deren Komplement nicht zum Schiff hin, sondern vom Schiff weg angetragen werden [2.1.2].

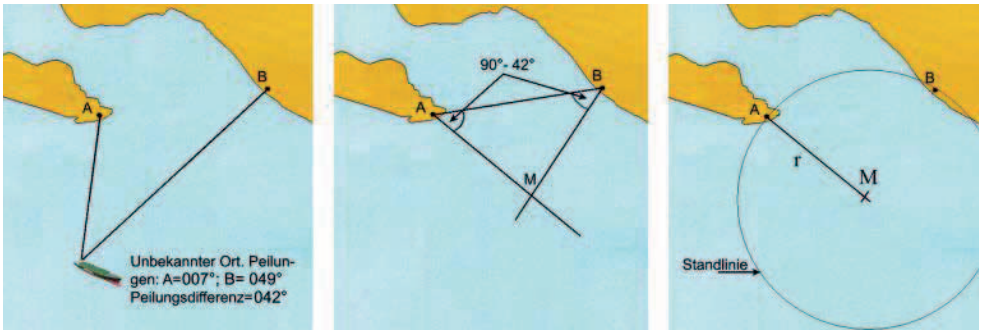


Abb. 2.1.29: Konstruktion der Standlinie einer Horizontalwinkelmessung mittels Peilkompass

Lotung: Wenn der Meeresboden einen genügend starken Gradienten aufweist, kann die gelotete Wassertiefe zur Ortsbestimmung verwendet werden. Nähert sich das Schiff beispielsweise dem europäischen Kontinentalschelf, bildet die 200-m-Linie beim Passieren eine Standlinie. Die Ablesung des Echolots muss beschickt werden. Zeigt es den Abstand des Meeresbodens vom Schiffsboden (Position des Sensors) an, gilt: Wassertiefe gleich Lotung plus Tiefgang. Besonders in Gezeitengewässern kann die Wassertiefe erheblich von der Kartentiefe abweichen. Es gilt: Kartentiefe gleich Wassertiefe plus Höhe der Gezeit (s. Kap. 2.1.6). Auch die durch meteorologische Einflüsse veränderte Wassertiefe muss gegebenenfalls berücksichtigt werden. Unabhängig von der hier diskutierten Funktion der Lotung bei der Ortsbestimmung ist in Küstennähe die kontinuierliche Beobachtung der Wassertiefe aus Sicherheitsgründen unerlässlich.

(2) Ortsbestimmung

Zwei voneinander unabhängige Standlinien liefern mit ihrem Schnittpunkt einen Schiffsort. Die unter (1) beschriebenen Methoden der Standlinienbestimmung müssen dazu sinnvoll miteinander kombiniert werden. Insbesondere ist auf geeignete Schnittwinkel zu achten.

3) Er kann auch direkt mit dem Sextanten gemessen werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Peilung und Abstand: Eine einfach zu realisierende Möglichkeit ist die gleichzeitige Messung von Peilung und Abstand zu einem Objekt. Das kann beispielsweise mit dem Radar geschehen. Aber auch das Peilen eines Feuers in der Kimm führt zu einem Ort aus Peilung und Abstand, ebenso eine Kombination aus Peilung und Höhenwinkel. Werden Peilung und Abstand vom selben Objekt bestimmt, schneiden sich die Standlinien (Gerade und Kreis) im rechten Winkel.

Peilung und Lotung: Verlaufen bei ausreichendem Gefälle des Meeresbodens die Linien gleicher Wassertiefe etwa küstenparallel, kann die Lotung als Abstandsmessung verwendet werden. Im Zusammenhang mit einer Peilung ergibt sich auf diese Weise ein Schiffsort.

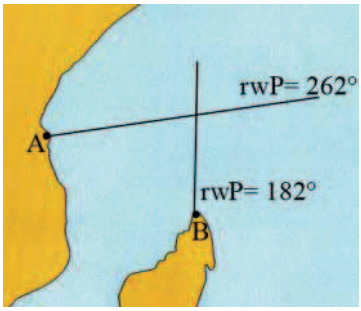


Abb. 2.1.30: Ortsbestimmung durch Kreuzpeilung

Kreuzpeilung: Eine praktisch gleichzeitige Peilung zweier Objekte in unterschiedlichen Richtungen heißt Kreuzpeilung (Abb. 2.1.30). Die absolute Gleichzeitigkeit zweier Peilungen ist nicht zu realisieren. Um die durch die Zeitdifferenz zwischen beiden Peilungen entstehende Ungenauigkeit gering zu halten, wird zuerst das Objekt gepeilt, das langsamer auswandert (voraus oder achteraus). Das schneller auswandernde Objekt (querab) ist das zeitkritische. Bei seiner Peilung wird die Uhrzeit notiert und in die Seekarte an den Ort geschrieben.

Doppelpeilung oder Versegelungspeilung: Steht nur ein geeignetes Objekt zur Verfügung, kann dieses zwei Mal – in geeignetem Zeitabstand – nacheinander gepeilt werden. Um einen Ort für einen definierten Zeitpunkt zu erhalten, wird die erste Standlinie versegelt (Abb. 2.1.31). Damit ist das Verschieben der Standlinie entlang der Kurslinie gemeint. Die Versegelungsstrecke ergibt sich als Produkt aus Schiffsgeschwindigkeit und der zwischen den beiden Peilungen verstrichenen Zeitspanne. Die Doppelpeilung setzt sich also im Prinzip aus Peilen und Koppeln zusammen. Dennoch kann das Ergebnis als beobachteter Schiffsort gelten, wenn auch – wegen der stets etwas unsicheren Koppeldistanz – mit geringerer Genauigkeit. Der Zeitabstand ist so zu wählen, dass ein geeigneter Schnittwinkel der beiden Standlinien entsteht.

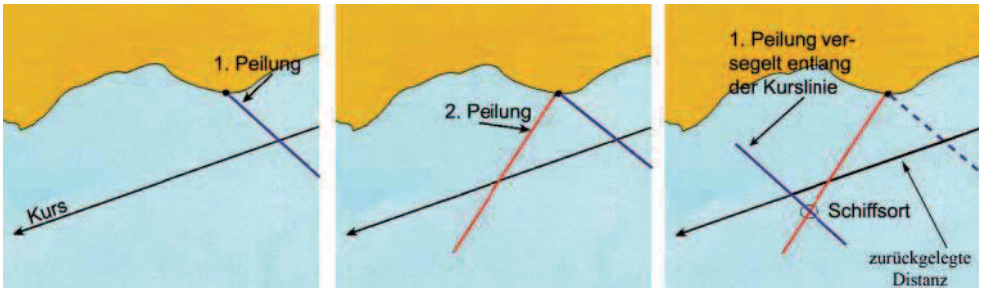


Abb. 2.1.31: Ortsbestimmung durch Doppel- oder Versegelungspeilung

Die Versegelung einer Standlinie kann auch angewendet werden, wenn zwei verschiedene Objekte nacheinander gepeilt werden, z. B. weil sie nicht gleichzeitig sichtbar sind (abgestumpfte Doppelpeilung).

Zwei Abstände: Auch das Messen zweier Abstände von Objekten in geeigneter unterschiedlicher Peilung führt zu einem Schiffsort. Die beiden Standlinien sind in diesem Fall Kreise, die sich in zwei Punkten schneiden. Meist ist es unmittelbar entscheidbar, welcher der beiden Schnittpunkte der Schiffsort sein muss. Die Abstandmessung kann mit Radar oder Höhenwinkel erfolgen. Auch bei diesem Verfahren ist auf geeignete Schnittwinkel zu achten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Doppel-Horizontalwinkelmessung: Zwei kreisförmige Standlinien entstehen durch Doppel-Horizontalwinkelmessung. Dazu werden drei Objekte benötigt. Zwischen je zwei von ihnen wird der Horizontalwinkel entweder mit dem Sextanten oder als Peilungsdifferenz gemessen. Die Auswertung der Standlinien erfolgt wie oben beschrieben: Es werden die Komplemente der Horizontalwinkel an die Verbindungslinien der jeweiligen Objekte angetragen. Deren Schnittpunkt liefert dann jeweils den Mittelpunkt eines Kreises, auf dem sich zwei Objekte und der Schiffsort befinden. Die beiden Kreise schneiden sich dann in der Position des Schiffes (Abb. 2.1.32).

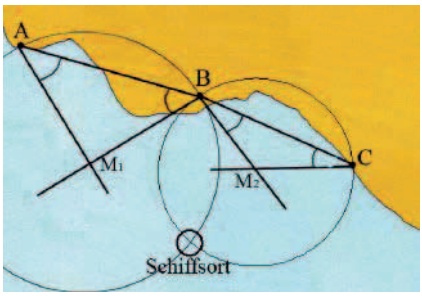


Abb. 2.1.32: Ortsbestimmung durch Doppel-Horizontalwinkelmessung mit Peilkompass

(3) Besteckversetzung

Ist durch eines der oben beschriebenen Verfahren ein beobachteter Schiffsort O_b gefunden, wird dieser mit dem Koppelort O_k verglichen. Das ist als Plausibilitätsprüfung wichtig. In der Regel stimmen beobachteter und durch Koppeln errechneter Ort nicht überein. Die vektorielle Differenz heißt Besteckversetzung. Der Vektorpfeil zeigt vom Koppelort zum beobachteten Ort (Abb. 2.1.33). Die Besteckversetzung wird in Polarkoordinaten, also mit Richtung und Abstand, angegeben. Sie enthält Informationen über die hydrometeorologischen Einflüsse auf Kurs und Fahrt des Schiffes und erlaubt daher Rückschlüsse auf die Beschickungen für Wind und Strom.

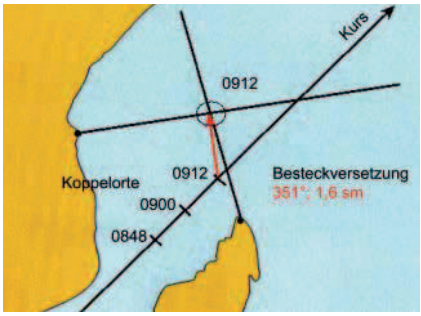


Abb. 2.1.33: Besteckversetzung als Vektor von O_k zu O_b

(4) Genauigkeit terrestrischer Ortsbestimmungsverfahren

Alle durch Messungen bestimmten Schiffspositionen sind mit Unsicherheiten behaftet. Standlinien müssen beobachtet (gemessen), aufbereitet (beschickt) und in der Seekarte konstruiert werden. Jede dieser Operationen beeinflusst die Genauigkeit der gefundenen Position. Die Beobachtung selbst ist ein subjektiver Prozess. Schwankungen zwischen verschiedenen Personen können auch unter optimalen Bedingungen 1 ° bis 2 ° beim Peilen oder 0,2 sm bei der Abstandsmessung betragen. Dazu kommen objektive Ungenauigkeiten. Auf einem gierenden Schiff kann allein die Unsicherheit einer Peilung 5 ° betragen. Aus diesen Gründen müssen alle Standlinien und alle Positionen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit beurteilt werden.

Um die Genauigkeit eines durch terrestrische Beobachtungen gewonnenen Schiffsortes beurteilen zu können, muss auf die Kenntnisse über die Genauigkeit der zu Grunde liegenden Standlinien zurückgegriffen werden (s. oben). Die Ungenauigkeiten der einzelnen Standlinien überlagern sich im Allgemeinen in komplizierter Weise zu einer Gesamt-Ungenauigkeit des Schiffsortes. Es ist im Prinzip möglich, für jeden einzelnen Fall der Ortbestimmung eine mathematisch-geometrische Analyse mit dem Ziel durchzuführen, die Unsicherheit im Schiffsort quantitativ abzuschätzen [2.1.2]. Für die nautische Praxis ist das zu aufwendig. Wichtiger ist

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

es, einige allgemeine Grundsätze zu kennen und sich der potenziellen Unzuverlässigkeit jedes beobachteten Schiffsortes bewusst zu sein.

Schnittwinkel = 90°: Die Überlagerung der Einzelungenauigkeiten von Standlinien zu einer Ungenauigkeit im Schiffsort erfolgt nicht einfach additiv. Ein wesentlicher Faktor ist der Winkel, unter dem sich die Standlinien schneiden. Die Ungenauigkeit des Schiffsortes ist am kleinsten, wenn die Standlinien senkrecht zueinander liegen (Abb. 2.1.32). Das ist bei der Bestimmung von Peilung und Abstand vom selben Objekt der Fall (Radarpeilung, Höhenwinkelmessung, Peilung eines Feuers in der Kimm). Dann überlagern sich die Standlinienungenauigkeiten dem Satz von Pythagoras entsprechend zur resultierenden Positionsungenauigkeit:

$$\sigma_{Ob} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \tag{2.1.37}$$

Beispiel: Die Unsicherheit in der Abstandsbestimmung eines Feuers in der Kimm betrage $\sigma_d = \sigma_1 = 0{,}5$ sm. Das etwa 21 sm entfernte Feuer wird mit einer Unsicherheit von 1° gepeilt. Um die Ungenauigkeit des Schiffsortes abzuschätzen, muss zunächst mit Gl. (2.1.35) die Peilunsicherheit in sm umgerechnet werden: 1° Winkeldifferenz entspricht danach in 21 sm Entfernung einer Verschiebung des Peilstrahls von $\sigma_P = \sigma_2 = 0{,}37$ sm. Mit den Werten von σ_1 und σ_2 ergibt sich nach Gl. (2.1.37) eine Ortunsicherheit von 0,6 sm.

Beliebiger Schnittwinkel: Bilden die beiden Standlinien einen von 90° verschiedenen Winkel (Kreuzpeilung, zwei Abstände) wächst die Ungenauigkeit des Schiffsortes. Abb. 2.1.34 zeigt die Situation für Kreuzpeilungen. Die Ungenauigkeit jeder Standlinie wird durch einen Sektor illustriert. Die beiden Sektoren bilden eine Schnittfläche, innerhalb der sich der Schiffsort mit großer Wahrscheinlichkeit befindet. Die Größe und Ausdehnung der Fläche (etwa ein Parallelogramm) ist vom Schnittwinkel abhängig und wird bei einem rechten Winkel minimal. Es lässt sich begründen [2.1.2], dass die Ungenauigkeit umgekehrt proportional zum Sinus des Schnittwinkels α wächst:

$$\sigma_{Ob} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}{\sin\alpha} \tag{2.1.38}$$

Abb. 2.1.34: Ortsungenauigkeit bei Kreuzpeilungen mit unterschiedlichen Schnittwinkeln

Für einen Schnittwinkel von 90° ist hat der Sinus den Wert 1 und Gl. (2.1.38) wird auf Gl. (2.1.37) zurückgeführt. Ein Schnittwinkel von 30° (sin 30° = 0,5) verdoppelt die Ungenauigkeit bereits. Daher sind Standlinien mit einem Schnittwinkel von weniger als 30° zur Standortbestimmung nicht empfehlenswert.

Doppel-Horizontalwinkelmessung: Bei diesem Verfahren sind zunächst die Ungenauigkeiten in jeder der beiden kreisförmigen Standlinien in sm abzuschätzen. Diese wachsen mit dem Abstand des Schiffes von den beobachteten Objekten und verringern sich bei wachsendem

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abstand der Objekte voneinander (s. o.). Die Einzelungenauigkeiten σ_1 und σ_2 betragen in der Regel höchstens wenige Kabellängen. Sie werden gemäß obiger Formel in quadratischer Weise addiert. Dann ist aber noch der ungünstige Einfluss eines von 90° abweichenden Schnittwinkels der Standlinien zu erfassen. Da die Standlinien Kreise sind, wird der Winkel gemessen, unter dem sich die Tangenten an die Kreise im ermittelten Schiffsort schneiden. Der Sinus dieses Winkels muss dann im Nenner von Gl. (2.1.38) eingesetzt werden, um die Gesamtungenauigkeit des Schiffsortes zu ermitteln.

Fehlerdreieck: Während theoretisch zwei (unabhängige) Standlinien für einen eindeutigen Schiffsort ausreichen, ist es in der nautischen Praxis ratsam, mehr als zwei Standlinien zur Ortsbestimmung auszuwerten. Durch das Verarbeiten dreier Standlinien wird nicht nur die Zuverlässigkeit erhöht, sondern auch nützliche Information über die Genauigkeit gewonnen. Gerade wegen der in jeder Standlinie enthaltenen Ungenauigkeit ist nicht zu erwarten, dass die drei Standlinien sich in einem Punkt schneiden (Abb. 2.1.35). Sie liefern vielmehr drei Schnittpunkte, die für einen Schiffsort guter Qualität nahe beieinander liegen. Die Größe des so entstandenen Fehlerdreiecks ist ein Maß für die Ungenauigkeit des Schiffsortes. Der beobachtete Schiffsort O_b liegt (mit großer Wahrscheinlichkeit) innerhalb des Fehlerdreiecks. Sind alle Standlinien gleich zuverlässig, dann ist der Mittelpunkt der Dreiecksfläche die beste Schätzung. Durch unterschiedliches Gewichten der beteiligten Standlinien kann der Schiffsort aber auch vom Mittelpunkt abweichend festgelegt werden.

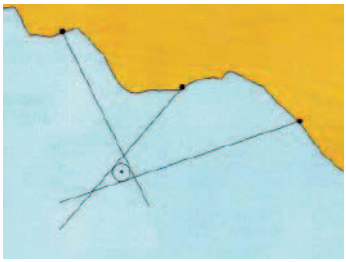


Abb. 2.1.35: Ortsungenauigkeit bei drei Standlinien mit Fehlerdreieck

Genauigkeitsstaffelung: Wenn auch die konkrete quantitative Schätzung der Genauigkeit eines terrestrischen Schiffsortes schwierig sein kann, ist es doch möglich, die verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Genauigkeit zu klassifizieren. Zu den genauesten Methoden zählen die Doppel-Horizontalwinkelmessung und die Kreuzpeilung dreier ortsfester Objekte mit günstigen Schnittwinkeln, deren Fehlerdreieck klein ist. Dabei lässt sich die Genauigkeit des Ortes aus drei Peilungen durch die Auswertung von zwei der drei möglichen Horizontalwinkel (Differenz je zweier Peilungen) erhöhen. Weniger genau sind Kreuzpeilungen, die Kombination aus Peilung und Abstand und die Ortsbestimmung aus zwei Abständen. Am wenigsten genau sind Orte, die auf versegelten Standlinien beruhen.

Da keine Methode der Ortsbestimmung fehlerfrei Positionen liefern kann, ist der Einsatz verschiedener Methoden zur gegenseitigen Überprüfung nicht nur sinnvoll, sondern zwingend notwendig. Das gilt auch vor dem Hintergrund von Fehlern, die auf den nautischen Offizier zurückzuführen sind.

2.1.6 Gezeiten und Gezeitenströme

Das Steigen und Fallen der Meeresoberfläche und die damit verbundenen Meeresströmungen haben große Bedeutung für die küstennahe Navigation. Die augenblickliche Höhe der Gezeit bestimmt wesentlich die Wassertiefe und damit die Bodenfreiheit des Schiffes. Ihre möglichst genaue Kenntnis ist in flachen Gewässern zur Vermeidung von Grundberührungen unabdingbar. Gezeitenströme sind in Richtung und Stärke sehr variabel. Die Strömungsgeschwindigkeit kann mehrere Knoten betragen. Damit üben sie einen großen Einfluss auf die Bewegung des Schiffes über Grund aus und müssen bei der Bemessung des zu steuernden Kurses berücksichtigt werden. Insbesondere das Wissen über die Periodizität und die wichtigsten Unregelmäßigkeiten ist wichtig für das Verständnis der Gezeitenvorhersage.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(1) Ursachen und Wirkungen

Gezeitenerzeugende Kräfte: Gezeiten werden durch periodisch veränderliche Kräfte auf die Wassermassen an der Erdoberfläche verursacht. Die wichtigsten Kräfte sind:

- Gravitation des Monds,
- Zentrifugalkraft der Drehung von Mond und Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt,
- Gravitation der Sonne,
- Zentrifugalkraft der Drehung von Sonne und Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt.

Der Einfluss des Mondes ist etwa doppelt so groß wie der Einfluss der Sonne. Zur Veranschaulichung folgt zunächst die Betrachtung des Systems aus Erde und Mond allein.

Erde und Mond bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt, der sich etwa 3/4 Erdradien vom Erdmittelpunkt entfernt (also in der Erde) auf der Verbindungslinie beider Himmelskörper befindet (Abb. 2.1.36). Auf jeden Punkt der Erde wirken Gravitation und Zentrifugalkraft. Im Erdmittelpunkt sind beide Kräfte gleich groß und entgegengerichtet. Dort heben sie sich auf (sonst würde eine Nettokraft die Erde beschleunigen). Auf der Erdoberfläche unterscheiden sich die beiden Kräfte jedoch i. A. in Betrag und Richtung.

Die Erde vollführt auf ihrer Bahn um das gemeinsame Zentrum eine Revolution ohne Rotation (Parallelverschiebung entlang einer Kreisbahn). Daher bewegen sich alle Massenpunkte auf Kreisen mit dem gleichen Radius (3/4 des Erdradius). Folglich ist die Umlaufgeschwindigkeit, und damit die Zentrifugalkraft für alle Massenpunkte gleich groß. Der Betrag der Gravitationskraft variiert dagegen mit der Entfernung eines Ortes vom Mondmittelpunkt.

Auch im Bildpunkt des Mondes sind Gravitation und Zentrifugalkraft entgegengerichtet. Die beiden Kräfte unterscheiden sich aber im Betrag. Die Gravitation ist stärker, weil der Abstand des Bildpunktes vom Mittelpunkt des Mondes um einen Erdradius geringer ist. Daher existiert eine zum Mond gerichtete resultierende Kraft nach „oben". Im Gegenpunkt auf der dem Mond abgewandten Seite überwiegt dagegen die Zentrifugalkraft, weil die Gravitation wegen des größeren Abstandes vom Mond kleiner ist. Die (vektorielle) Summe zeigt vom Mond weg, also wieder nach „oben".

An allen anderen Orten auf der Erdoberfläche liegen Gravitation und Zentrifugalkraft nicht in derselben Wirkungslinie. Sie addieren sich vektoriell zur Resultierenden R. Deren vertikale Komponente ist verglichen mit der Erdanziehung um sieben Zehnerpotenzen kleiner. Sie kann vernachlässigt werden, weil sie in der gleichen Linie wirkt wie die Erdanziehung. Die Horizontalkomponente hat dagegen keine entsprechende kompensierende Kraft und entfaltet daher ihre Wirkung auf das Wasser der Ozeane. Sie setzt als gezeitenerzeugende Kraft das Wasser in Be-

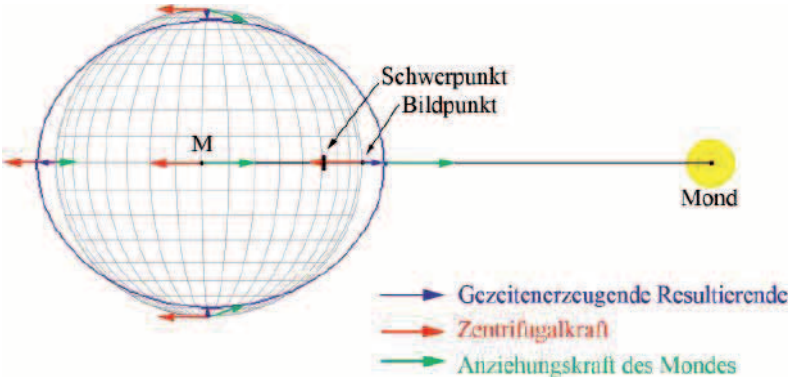


Abb. 2.1.36: Gezeitenerzeugende Kräfte (Beispiel des Mondes)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

wegung. Daher sind die Gezeitenströme die primäre Erscheinung, die Gezeiten als veränderliche Wasserstände sind sekundär.

Als Folge der gezeitenerzeugenden Kraft fließt das Wasser in Richtung Bildpunkt auf der dem Mond zugewandten Seite der Erde und in Richtung Gegenpunkt auf der dem Mond abgewandten Seite. Es bilden sich Hochwasserstände. Jeweils 90° in der geografischen Länge entfernt sinkt der Wasserstand wegen des abfließenden Wassers. Es bilden sich Niedrigwasserstände aus.

Periodizität von Hoch- und Niedrigwasser: Wegen der Erddrehung wandern Hoch- und Niedrigwasserstände um die Erde herum. Die dominierende Periode der Gezeiten entspricht der Hälfte der Umlaufzeit des Mondes, weil innerhalb eines Mondumlaufes zwei Hochwasser (im Bildpunkt und im Gegenpunkt) auftreten. Während sich die Erde in 24 Stunden einmal um sich selbst dreht, wandert der Mond in seiner Bewegung um die Erde um 360°/27,2 Tage = 13°/Tag weiter. Das entspricht einem Zeitunterschied von 13°/360° x 24 h = 0.88 h, also etwa 50 min. Die Umlaufzeit des Mond-Bildpunktes von 24 h 50 min heißt ein Mondtag. Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Hochwassern (oder Niedrigwassern) beträgt daher etwa 12 h 25 min.

Neben dieser halbtägigen Gezeitenform, die in Europa vorherrschend ist, kommen auch eintägige Gezeiten mit nur je einem Hoch- und einem Niedrigwasser am Tag (vorwiegend in Südostasien) und Mischformen vor.

Tidenhub: Der Tidenhub ist die Höhendifferenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser. In einer einfachen Theorie der Gezeiten kann er für eine vollständig mit Wasser bedeckte Erde berechnet werden [2.1.5]. Auf dieser Basis erzeugt der Mond einen Tidenhub von 55 cm und die Sonne von 24 cm. Diese Zahlen können als Mittelwerte für die gesamte Erde interpretiert werden. Wegen der konkreten Verteilung von Land und Meer weicht der tatsächliche Tidenhub mehr oder weniger deutlich von diesen Werten ab. Er variiert erheblich von Ort zu Ort. Allein im Englischen Kanal beträgt der Tidenhub 2 m (Hoek van Holland) bzw. 12 m (St. Malo).

Auch die Zeitabhängigkeit der Gezeiten ist komplexer als oben im Beispiel des allein aus Erde und Mond bestehenden Systems. Die dort begründete Schwingung mit der Periodendauer von 12 h 25 min ist lediglich eine Komponente von mehreren (z. B. Einfluss der Sonne s. u.), die sich mit verschiedenen Frequenzen, Phasen und Amplituden überlagern. Sie dominiert allerdings an den meisten Küsten der Erde die Gezeitenerscheinung. Dennoch sind Abweichungen von dieser Grundtide von nautischer Bedeutung. Solche Abweichungen in der Zeit und in der Höhe werden Ungleichheiten genannt. Sie können so groß werden, dass aus dem halbtägigen Rhythmus ein ganztägiger wird. Das ist zum Beispiel an den Küsten Südostasiens der Fall.

(2) Ungleichheiten

Halbmonatliche Ungleichheit: Die wichtigste Abweichung von der halbtägigen Mond-Hauptide ist die halbmonatliche Ungleichheit. Sie wird durch die Überlagerung der Einflüsse von Mond und Sonne auf die Erde verursacht. Je nach Stellung der drei Himmelskörper zueinander ist die Auswirkung verschieden: Bei Vollmond und Neumond wirken Mond und Sonne in dieselbe Richtung und die Gezeiten sind besonders stark (Abb. 2.1.37). Diese Phase wird Springzeit genannt. Sie geht mit hohen Hochwasserständen und niedrigen Niedrigwasserständen sowie starken Gezeitenströmen einher. Steht der Mond im Ersten oder Letzten Viertel, dann kompensieren sich die Gravitationskräfte teilweise und die Gezeiten werden abgemildert. Die Phase relativ niedriger Hochwasser und relativ hoher Niedrigwasser mit geringen Gezeitenströmen heißt Nippzeit.

Periode von Spring- und Nippzeit: Die Periode der halbmonatlichen Ungleichheit entspricht der Zeitdauer von Vollmond zu Neumond bzw. von Neumond zu Vollmond. Sie ist nicht identisch mit der Hälfte der Umlaufzeit des Mondes auf seiner Bahn um die Erde. Diese beträgt 27,2 Tage und heißt siderischer Monat. Während der Mond einmal seine Bahn durchlaufen hat, ist auch die

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

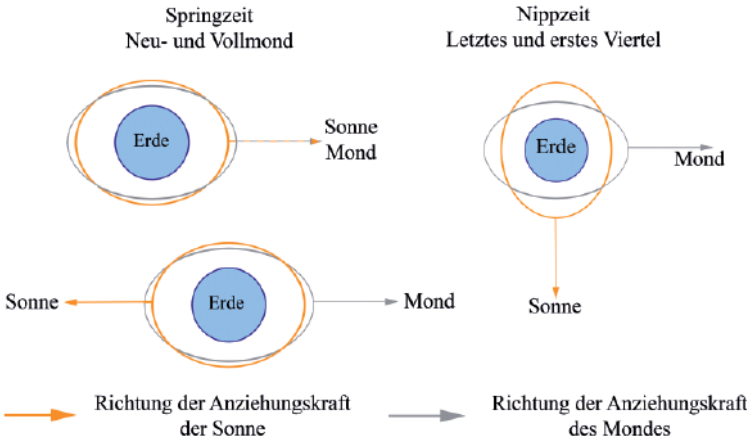


Abb. 2.1.37: Mondphasen, Spring- und Nipptide

Erde auf ihrer Bahn um die Sonne vorangekommen, und zwar um etwa 1/12 von 360 °, also etwa 30 °. Um diesen Winkel muss der Mond noch weiterdrehen, um in Bezug auf die Sonne wieder in der gleichen Stellung anzukommen wie vor einem Monat. Der so genannte synodische Monat ist daher um etwa 30 °/360 ° x 27,2 Tage = 2,3 Tage länger als der siderische. Seine genaue Dauer hängt von der Position der beteiligten Himmelskörper ab, weil die Umlaufgeschwindigkeiten variieren (2. Kepler'sches Gesetz). Der Mittelwert des synodischen Monats beträgt etwa 29,5 Tage. Daher dauert es von einer Springzeit zur nächsten etwa 14,75 Tage.

Springverspätung: Die Gezeiten sind – physikalisch betrachtet – eine von außen angeregte Schwingung der Wassermassen auf der Erde. Durch Dämpfungseffekte tritt im Allgemeinen eine Phasenverschiebung zwischen den anregenden Kräften und der Bewegung des schwingenden Systems auf. Bei den Gezeiten verursacht der Einfluss der Landmassen/Einengung auf die Strömung als Phasenverschiebung die Springverspätung. Damit wird die zeitliche Differenz zwischen Vollmond bzw. Neumond und dem Eintreten des höchsten Hochwassers an einem Ort bezeichnet. Sie beträgt typischerweise ein bis drei Tage. Die Nippverspätung ist etwa gleich lang und wird in der Nautik nicht gesondert betrachtet.

Alter der Gezeit: Die Phase der Gezeiten innerhalb der halbmonatlichen Ungleichheit heißt Alter der Gezeit. Neben der Spring- und der Nippzeit gibt es die Übergänge – die Mittzeit. Eine Periode der halbmonatlichen Ungleichheit wird praktischerweise in vier Tage Springzeit (Mitte Springzeit ±2 Tage), etwa drei Tage Mittzeit, vier Tage Nippzeit (Mitte Nippzeit ±2 Tage) und noch einmal etwa drei Tage Mittzeit eingeteilt (Abb. 2.1.38).

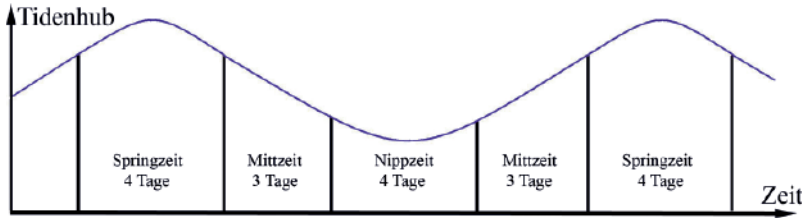


Abb. 2.1.38: Alter der Gezeit

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Tägliche Ungleichheit: Die Bahn des Mondes ist um etwa 28 ° gegenüber der Äquatorebene der Erde geneigt. Daher wandert der Bildpunkt des Mondes innerhalb eines Monats zwischen 28 ° südlicher Breite und 28 ° nördlicher Breite (Abb. 2.1.39). Das hat zur Folge, dass die beiden im Laufe eines Tages aufeinander folgenden Hochwasserstände sich deutlich voneinander unterscheiden können (tägliche Ungleichheit). Befindet sich der Mondbildpunkt beispielsweise auf der Nordhalbkugel (nördliche Deklination; Kap. 2.2), ist dort ein relativ hohes Hochwasser zu erwarten. Einen halben Tag später befindet sich der betrachtete Ort auf der dem Mond abgewandten Seite, aber nicht in der Nähe des Gegenpunktes, weil der auf der Südhalbkugel liegt. Das Hochwasser fällt entsprechend niedriger aus.

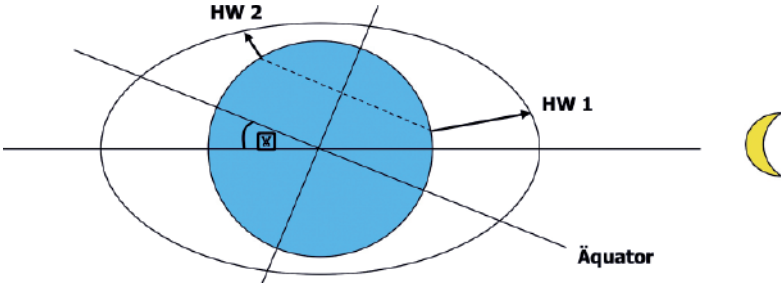


Abb. 2.1.39: Tägliche Ungleichheit wegen der Deklination des Mondes

(3) Meteorologische Einflüsse

Die mit Hilfe von Gezeitentafeln durchgeführten Prognosen beruhen allein auf astronomischen Bedingungen und der lokalen Springverspätung. Daneben wirken sich insbesondere meteorologische Effekte auf den tatsächlichen Wasserstand und die Gezeitenströme aus. Diese lassen sich wegen ihrer Variabilität nicht in den Gezeitentafeln erfassen. Sie müssen dennoch eingeschätzt und bei der Reiseplanung berücksichtigt werden. Niederschläge, Wind und Luftdruck haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Gezeiten. Küstenfunkstellen und Revierzentralen geben häufig in ihren Lageberichten an, um wie viel Dezimeter der erwartete Wasserstand vom vorausberechneten abweicht.

Bei tieferem Luftdruck lastet ein geringeres Gewicht auf der Meeresoberfläche und sie wird angehoben. Eine Abweichung von 30 hPa vom mittleren Luftdruck bedeutet nach einer einfachen Abschätzung mit Hilfe des hydrostatischen Drucks eine Änderung im Wasserstand von etwa 30 cm. Der Einfluss des Windes auf die Gezeiten kann sogar deutlich größer werden. Auflandige Winde erzeugen höhere und ablandige Winde niedrigere Wasserstände. In der Deutschen Bucht und in den angrenzenden Seeschifffahrtsstraßen der Weser und der Elbe sind bei westlichem und nordwestlichem Wind um 2 bis 3 m höhere Wasserstände möglich.

Das Wetter beeinflusst sowohl die Höhen als auch die Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser. Es gehört zur notwendigen navigatorischen Sorgfalt, im Zusammenhang mit der vorgeschriebenen Reiseplanung die grundsätzlich begrenzte Zuverlässigkeit von Gezeitenvorhersagen in die Entscheidungen einfließen zu lassen. Gegebenenfalls ist beim Befahren von Revieren der Lotse zu befragen.

(4) Zur Gezeitenvorhersage benutzte Begriffe

Im Rahmen der Gezeitenrechnung mit Hilfe der deutschen oder der britischen Gezeitentafeln (*Admiralty Tide Tables*) werden die im Folgenden definierten und in Abb. 2.1.40 und Tabelle 2.1.6 illustrierten Begriffe verwendet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Seekartennull (KN) *chart datum (CD)*	Bezugsniveau, auf das sich die Tiefenangaben in den Seekarten und den Gezeitentafeln beziehen
Wassertiefe (WT) *water depth (d)*	Vertikaler Abstand zwischen Meeresboden und Wasseroberfläche
Kartentiefe (KT) *charted depth (d)*	Vertikaler Abstand zwischen Meeresboden und Seekartennull
Höhe der Gezeit (H) *height of tide (H)*	Wasserstand, bezogen auf Seekartennull
Flut *rising tide*	Steigen des Wassers von Niedrigwasser bis zum folgenden Hochwasser
Ebbe *falling tide*	Fallen des Wassers von Hochwasser bis zum folgenden Niedrigwasser
Tide *tide*	Zusammenfassung einer Periode von Ebbe und Flut
Steigdauer (SD) *duration of rise*	Zeitraum vom Niedrigwasser zum folgenden Hochwasser
Falldauer (FD) *duration of fall*	Zeitraum vom Hochwasser zum folgenden Niedrigwasser
Hochwasserzeit (HWZ) *high water time (HWT)*	Zeitpunkt des höchsten Wasserstands beim Übergang vom Steigen zum Fallen
Niedrigwasserzeit (NWZ) *low water time (LWT)*	Zeitpunkt des niedrigsten Wasserstands beim Übergang vom Fallen zum Steigen
Zeitunterschied der Gezeit (ZUG) *time difference (td)*	Unterschied zwischen den Hoch- bzw. Niedrigwasserzeiten des Bezugsortes und des Anschlussortes
Hochwasserhöhe (HWH) *high water height (HWH)*	Höhe der Gezeit bei Hochwasser
Niedrigwasserhöhe (NWH) *low water height (LWH)*	Höhe der Gezeit bei Niedrigwasser
Höhenunterschied der Gezeit (HUG) *height difference (hd)*	Unterschied zwischen den Hoch-, bzw. Niedrigwasserhöhen des Bezugsortes und des Anschlussortes
Tidenstieg (TS) *range of rise (engl.)*	Differenz zwischen Hochwasserhöhe und Höhe des vorangegangenen Niedrigwassers
Tidenfall (TF) *range of fall*	Differenz zwischen Hochwasserhöhe und Höhe des nachfolgenden Niedrigwassers
Tidenhub (TH) *range of tide*	Arithmetisches Mittel aus Tidenstieg und Tidenfall einer Tide
Bezugsort *standard port*	Ort, für den absolute Werte für Eintrittszeitpunkte und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser in den Gezeitentafeln angegeben sind
Anschlussort *secondary port*	Einem Bezugsort zugeordneter Ort, für den in den Gezeitentafeln Differenzen in Zeit und Höhe zu den entsprechenden Werten des Bezugsortes zu finden sind

Tabelle 2.1.6: In der Gezeitenrechnung verwendete Begriffe

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

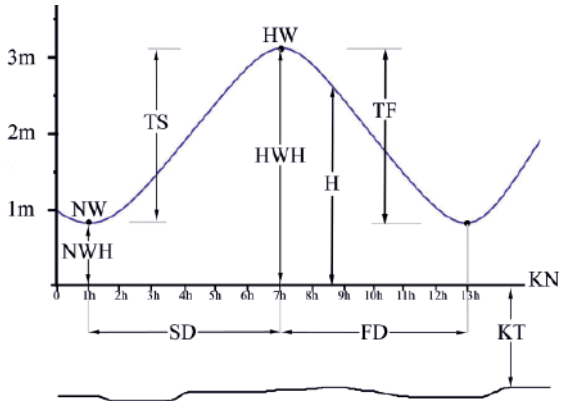


Abb. 2.1.40: Verlauf und Begriffe der Tidenkurve

(5) Gezeitenrechnung mit den *Admiralty Tide Tables (ATT)*

Typische nautische Fragestellungen in Bezug auf die Gezeiten lauten:

- Wie hoch ist die Wassertiefe an einem bestimmten Ort zu einem vorgegebenen Zeitpunkt?
- Wann wird an einem bestimmten Ort eine vorgegebene Wassertiefe erreicht?
- Von wann bis wann kann ein kritischer Fahrwasserabschnitt passiert werden (Tidefenster)?

Die dritte Fragestellung erweitert lediglich die zweite um einen weiteren zu bestimmenden Zeitpunkt und enthält nichts grundsätzlich Neues. Wegen der Unsicherheiten der Gezeitenrechnung (meteorologische Einflüsse) ist eine Angabe mit höherer Genauigkeit als Dezimeter nicht sinnvoll.

Im Folgenden wird die Gezeitenrechnung mit den britischen *Admiralty Tide Tables (ATT)* beschrieben. Die deutschen Gezeitentafeln sind den britischen ähnlich, die Berechnungsverfahren unterscheiden sich jedoch in den Details. Näheres zum Gebrauch der deutschen Gezeitentafeln findet sich in [2.1.6]. Das Vorgehen wird zunächst allgemein beschrieben (Tabelle 2.1.7). Daran soll der Aufbau der *ATT* verdeutlicht werden. Dann folgt ein Beispiel vom ersten Typ mit einer rechnerischen und einer grafischen Lösung (Tabelle 2.1.8). Ein weiteres Beispiel zeigt die Lösung eines Problems vom zweiten Typ (Tabelle 2.1.9).

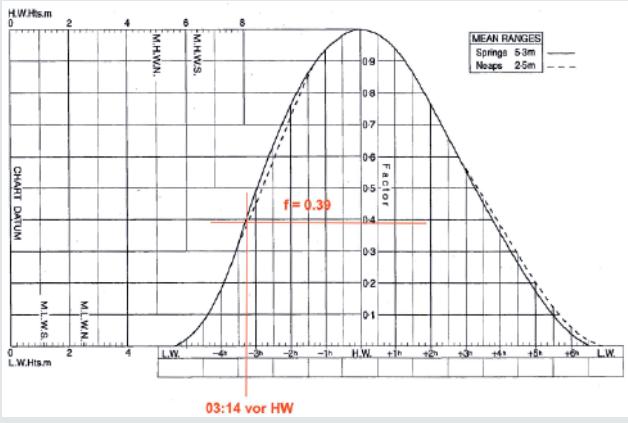
Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

1	Feststellen der Nummer des Anschlussortes (*secondary port*) im Index am Ende der *ATT*
2	Aufsuchen des Anschlussortes in Teil 2 (*time and height differences for predicting the tide at secondary ports*) und Entnahme des zugehörigen Bezugsortes (*standard port*)
3	Aufsuchen des Bezugsortes in Teil 1 (*tidal predictions for standard ports*) und des Tages Notieren der Zeiten und Höhen für die in Frage kommenden Hoch- und Niedrigwasser
4	Feststellen des Alters der Gezeit: Aufsuchen des Tages mit dem größte Tidenhub (Zentrum der Springzeit), bzw. des Tages mit dem geringsten Tidenhub (Zentrum der Nippzeit) Einordnen des betreffenden Tages in den in Abb. 2.1.38 gezeigten Zyklus
5	Ablesen der jahreszeitlichen Schwankungen in der Höhe der Gezeit (*seasonal changes in mean level*) am unteren Rand der Seite von Teil 2, die Anschluss- und Bezugsort enthält (Falls für Bezugs- und Anschlussort unterschiedliche Werte angegeben sind, muss zunächst die Höhendifferenz aus HWH und NWH des Bezugsortes herausgerechnet werden. Die *seasonal changes* sind in den aus Teil 1 entnommenen Daten enthalten und müssen daher mit umgekehrtem Vorzeichen berücksichtigt werden.)
6	Bestimmung der Zeiten und Höhen der relevanten HW und NW für den Anschlussort: – Addition der Zeitunterschiede und der Höhenunterschiede für den Anschlussort – Gegebenenfalls Anbringen der seasonal changes für den Anschlussort
7	Bestimmung der Zeitdifferenz zum nächstgelegenen HW am Anschlussort: Dabei ist auf Unterschiede zwischen der Zeitangabe in den *ATT* und der Bordzeit zu achten. Erstere beziehen sich grundsätzlich auf die Winterzeit des jeweiligen Landes, in dem der Bezugsort liegt. Die Zeitzone kann am oberen Rand der Tabellen in Teil 1 abgelesen werden
8	Tidenkurve: – Auswahl der Tidenkurve des Bezugsortes (Spring- oder Nippzeit; bei Mittzeit ist zwischen beiden Kurven grafisch zu mitteln) – Abtragen der Zeitdifferenz zum nächstgelegenen HW auf der horizontalen Achse von der Nullmarke aus (für Zeitpunkte vor dem HW nach links, nach dem HW nach rechts) – Errichten einer Senkrechte vom gefundenen Zeitpunkt auf der horizontalen Achse und Finden des Schnittpunktes mit der Tidenkurve – Konstruktion einer waagerechten Linie vom Schnittpunkt zur Mittelachse – Ablesen des Faktors f
9	Berechnung der Höhe der Gezeit: **H = NWH + f (HWH – NWH)** Dabei sind der Faktor f und die für den Anschlussort ermittelten Werte von HWH und NWH einzusetzen

Tabelle 2.1.7: Gezeitenrechnung: Schema zur Berechnung der Höhe der Gezeit

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Beispiel 1: Wie hoch ist die Höhe der Gezeit in Barfleur am 18. April 2005 um 16:00 Uhr MESZ?

1	Barfleur ist ein Anschlussort mit der Nummer **1599**
2	Der zu Barfleur gehörende Bezugsort ist gemäß Teil 2 **Cherbourg (Nr. 1600)**
3	Der nebenstehende Ausschnitt zeigt die Hoch- und Niedrigwasserzeiten und -höhen für Cherbourg am Montag, dem 18. April 2005. **18** 0355 4.5 / 1053 2.9 / M 1709 4.5 / 2334 3.0
4	Im Kalendarischen Teil 1 auf der Seite von Cherbourg wird in zeitlicher Nähe zum fraglichen 18. April der geringste Tidenhub am Abend des 17. April identifiziert. Der 18. April gehört daher zur Nippzeit.
5	SEASONAL CHANGES IN MEAN LEVEL No – Jan 1 – Feb 1 – Mar 1 – Apr 1 – May 1 – June 1 – July 1 – Aug 1 1540 – 1571: 0.0 0.0 –0.1 –0.1 –0.1 –0.1 0.0 0.0 1572 – 1581a: 0.0 –0.1 –0.1 –0.1 0.0 0.0 0.0 0.0 1581b – 1602: 0.0 0.0 –0.1 –0.1 –0.1 0.0 0.0 0.0 1609 – 1638: Negligible *Seasonal changes* für Barfleur (1599) und Cherbourg (1600) im Monat April: -0,1 Meter
6	(siehe Tabelle unten)
7	Die Zeitangaben beziehen sich auf die Zeitzone -0100 (Tabelle für Cherbourg, Teil 1). Das entspricht MEZ (= UTC + 1 h). Die Uhren an Bord zeigen MESZ (= UTC + 2 h). Daher liegt der gefragte Zeitpunkt 16.00 MESZ **03:14 Stunden vor dem HW in Barfleur**.
8	
9	H = NWH + f (HWH – NWH) = 2,9 m + 0,39 (4,8 m – 2,9 m) = 3,6 m Die Höhe der Gezeit in Barfleur am 18. April 2005 um 16:00 Uhr MESZ beträgt **3,6 m**.

	NWZ	NWH	HWZ	HWH
Cherbourg	10:53	2,9	17:09	4,5
-SC		-(-0,1)		-(-0,1)
Cherbourg	10:53	3,0	17:09	4,6
ZUG/HUG*	+00:52	0,0	+01:05	+0,3
+SC		-0,1		-0,1
Barfleur	11:45	2,9	18:14	4,8

* Die Zeitunterschiede der Gezeit (ZUG) werden durch lineare Interpolation gefunden. Bei der Entnahme der Höhenunterschiede (HUG) ist – abhängig vom Alter der Gezeit – der Wert für Spring-, Nipp- oder ggf. Mittzeit zu nehmen.

Tabelle 2.1.8: Gezeitenrechnung: Berechnung der Höhe der Gezeit (Beispiel 1)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Grafische Lösung: Die im 9. und letzten Schritt der Lösung gezeigte Rechnung kann durch eine grafische Lösung ersetzt werden. Dazu braucht nach dem Errichten der Senkrechten bei 03:14 h vor HW und dem Auffinden des Schnittpunktes mit der (hier: Nipp-)Tidenkurve nicht der Faktor f abgelesen zu werden. Stattdessen wird die waagerechte Linie durch diesen Schnittpunkt nach links gezogen. In das Gitter links neben der Tidenkurve wird eine Gerade von der NWH (2,9 m) unten zur HWH (4,8 m) oben gezogen. Am Schnittpunkt dieser Geraden mit der waagerechten Linie wird wieder eine Senkrechte errichtet, bis sich an der oberen oder unteren Skala die Höhe der Gezeit (3,6 m) ablesen lässt (Abb. 2.1.41).

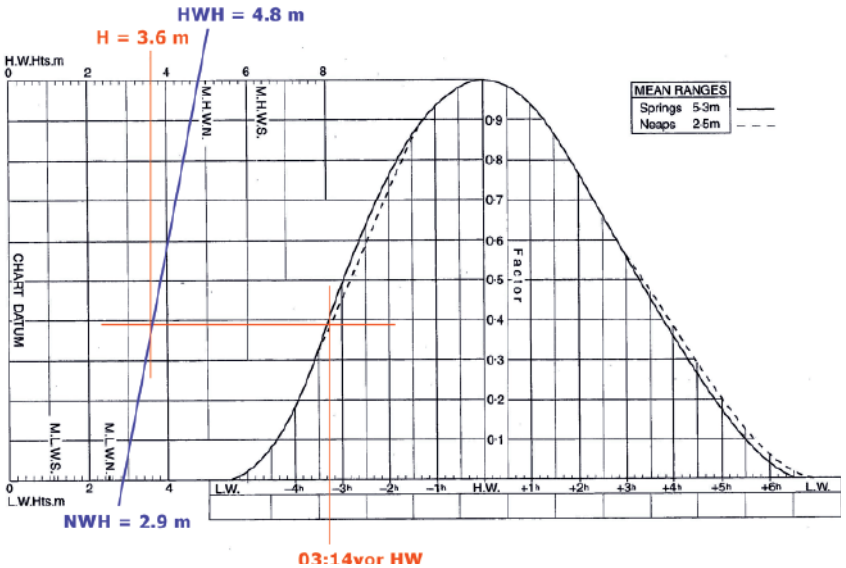


Abb. 2.1.41: Grafische Bestimmung der Höhe der Gezeit (Beispiel 1)

Die Gezeitenberechnungen werden, wie das Beispiel zeigt, wegen der immanenten Unsicherheiten nur mit einer Genauigkeit von 0,1 m durchgeführt. Dabei wird zur nautisch ungünstigen Seite gerundet. Wird also beispielsweise eine Höhe der Gezeit von 1,95 m errechnet, so lautet das Ergebnis H = 1,9 m.

Beispiel 2: Ein Schiff mit 7,8 m Tiefgang sitzt am Nachmittag des 18. April 2005 vor der französischen Küste bei Barfleur auf Grund. Nach einer Positionsbestimmung wird in der Seekarte die Kartentiefe KT = 3,3 m abgelesen. Wann wird das Schiff voraussichtlich wieder aufschwimmen?

Um Fragen dieser Art zu beantworten, muss die Beziehung zwischen der Kartentiefe KT, der Wassertiefe WT, der Höhe der Gezeit H und dem Tiefgang des Schiffes benutzt werden. Es gilt (Abb. 2.1.42):

$$WT = KT + H \tag{2.1.39}$$

$$WT = \text{Bodenfreiheit (Echolotung)} + \text{Tiefgang} \tag{2.1.40}$$

Zur Lösung des gestellten Problems (und ähnlicher Fälle) ist der Zeitpunkt zu bestimmen, zu dem bei Flut eine vorgegebene Wassertiefe, d. h. eine vorgegebene Höhe der Gezeit, erreicht wird. Damit das Schiff vom Grund frei kommt, muss die Wassertiefe mindestens dem Tiefgang von 7,80 m entsprechen (hier: Unterkielfreiheit = 0). Daraus ergibt sich nach Gl. (2.1.39) eine erforderliche Höhe der Gezeit von 7,8 m – 3,3 m = 4,5 m.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

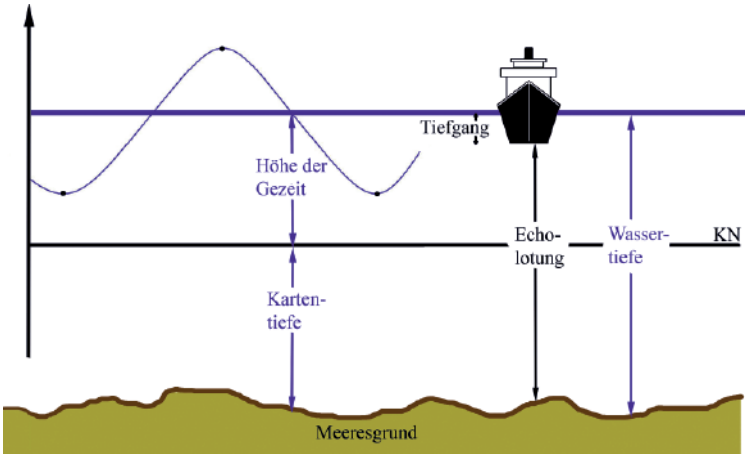


Abb. 2.1.42: Wassertiefe, Kartentiefe und Höhe der Gezeit

Die Schritte 1 bis 6 müssen wie oben beschrieben und im Beispiel 1 gezeigt durchgeführt werden. Die Werte von dort werden übernommen. Die Schritte 7 bis 9 werden nun in ihrer Reihenfolge umgekehrt. Zunächst wird die Formel H = NWH + f (HWH – NWH) nach dem unbekannten Faktor f aufgelöst:

$$f = \frac{H - NWH}{HWH - NWH} \tag{2.1.41}$$

Mit den Zahlenwerten von Beispiel 1 folgt:

$$f = \frac{4.5 - 2.9}{4.8 - 2.9} = 0.84$$

Dann wird in der Höhe des Faktors 0,84 eine waagerechte Linie in das entsprechende Tidenkurvendiagramm von Cherbourg gezeichnet und deren Schnittpunkt mit der Tiden-Kurve

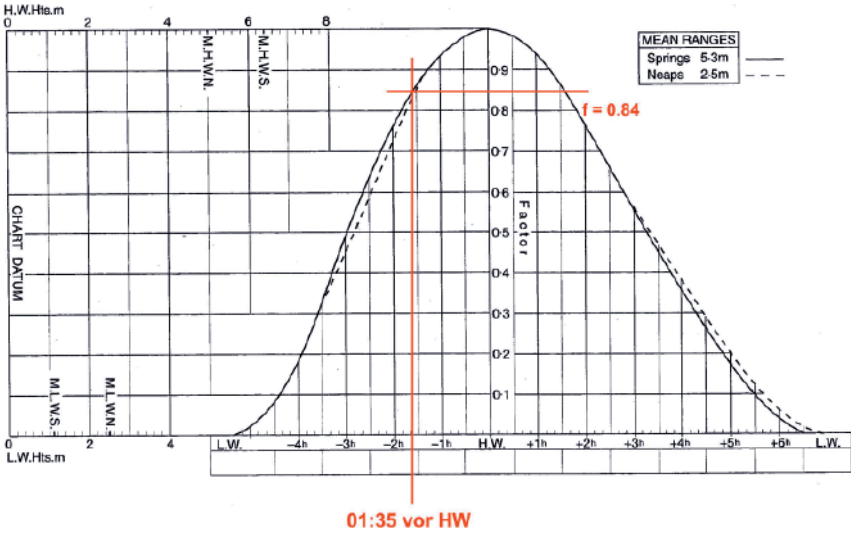


Abb. 2.1.43: Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Wassertiefe (für Beispiel 2)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

gefunden. Dort wird eine Senkrechte nach unten gezeichnet, deren Schnittpunkt mit der horizontalen Achse den Zeitunterschied zum nachfolgenden Hochwasser zeigt. Laut Abb. 2.1.43 wird die erforderliche Höhe der Gezeit 01:35 h vor HW (19:14 Uhr MESZ) erreicht. Das Schiff wird also gegen 17:40 Uhr MESZ wieder aufschwimmen. Wenn Spring- und Nipp-Tidenkurve sich signifikant unterscheiden, ist eine gemittelte Kurve zu zeichnen.

(6) Gezeitenströme

Das allgemein unter dem Begriff Gezeiten verstandene periodische Heben und Senken der Meeresoberfläche ist im Wesentlichen eine Folge der Gezeitenströme. Die gezeitenerzeugenden Kräfte setzen zunächst das Wasser in Bewegung, bevor sich der Wasserstand ändert. Während die Höhe des Wassers als Funktion des Ortes auf der Erdoberfläche ein zweidimensionales Phänomen ist, sind Gezeitenströme im Wesentlichen dreidimensional. Das macht sie komplexer und noch schwieriger vorhersagbar als die Gezeiten.

Während der Gezeitenstrom im offenen Meer wegen der geringen Strömungsgeschwindigkeit von wenigen Zehntel Knoten meist vernachlässigt werden kann, hat er in Rand- und Nebenmeeren eine erhebliche navigatorische Bedeutung. Dort variieren die typischen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 2 und 4 kn. Sie können lokal (zum Beispiel im Pentland Firth) auch 8 kn und mehr erreichen.

Die den Gezeitenstromatlanten entnommenen Werte beruhen auf astronomischen Daten und Messwerten. Sie unterliegen ebenfalls meteorologischen Einflüssen und müssen mit Vorsicht interpretiert werden.

Mit Hilfe von britischen *Admiralty Tidal Stream Atlases* oder deutschen Gezeitenstromatlanten sind Vorhersagen über Richtung und Stärke des an einem Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erwartenden Stromes möglich. Hier wird exemplarisch das Arbeiten mit dem *Tidal Stream Atlas „The English Channel (NP 250)"* erläutert. Dieser enthält 13 Karten mit Stromangaben über das Vorhersagegebiet. Jede Karte gilt für einen bestimmten Zeitpunkt bezogen auf das Hochwasser in Dover, und zwar in stündlichen Abständen von 6 h vor Hochwasser in Dover bis 6 h danach. Die Hochwasserzeit muss für den fraglichen Tag den Gezeitentafeln (*ATT*) entnommen werden. Die für den gegebenen Zeitpunkt auszuwählende Karte zeigt für das Seegebiet mit Vektorpfeilen qualitativ das Gezeitenstromfeld an. Die Richtung lässt sich unmittelbar ablesen. Dabei sollte kein übertriebener Anspruch an die Genauigkeit gestellt werden. Besser als ±10° sind die Vorhersagen nicht. Die Stärke des Gezeitenstromes wird mittels Vektorpfeillänge und Strichdicke visualisiert. Längere Pfeile mit größerer Strichdicke entsprechen höheren Stromstärken. Für ausgewählte geografische Positionen sind quantitative Angaben über die Stromstärke im Format „xx,yy" zu finden. Die beiden Ziffern vor dem Komma (xx) geben die Stromstärke in Zehntel Knoten bei Nippzeit, die beiden Ziffern nach dem Komma (yy) diejenigen für Springverhältnisse an. Das trennende Komma bezeichnet die Position, auf die sich die Stromangabe bezieht.

Beispiel: Das Schiff befindet sich am 5. Oktober 2005 um 14:00 Uhr UTC etwa 15 sm südsüdwestlich von Bill of Portland auf der Position 50° 18' N, 002° 38' W. Laut *ATT* tritt das Hochwasser in Dover an diesem Tag um 11:53 Uhr UTC ein. Der gefragte Zeitpunkt liegt also etwa 2 h nach dem Hochwasser in Dover. Das Alter der Gezeit ist eindeutig Springzeit, weil am 3. Oktober Neumond war und die Springverspätung zwei Tage beträgt. In der abgebildeten Karte des Gezeitenstromatlasses (Abb. 2.1.44) findet sich in der Nähe der angegebenen Position die Angabe „11,23". Wegen der Springverhältnisse ist die Zahl hinter dem Komma maßgeblich. Es ist also mit einem westsüdwestlich setzenden Strom von 2,3 kn Stärke zu rechnen.

Auch den Seekarten kann Information über die Gezeitenströme entnommen werden. Zum Beispiel enthält die Karte für den Englischen Kanal eine Gezeitenstromtabelle. Diese gibt für

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

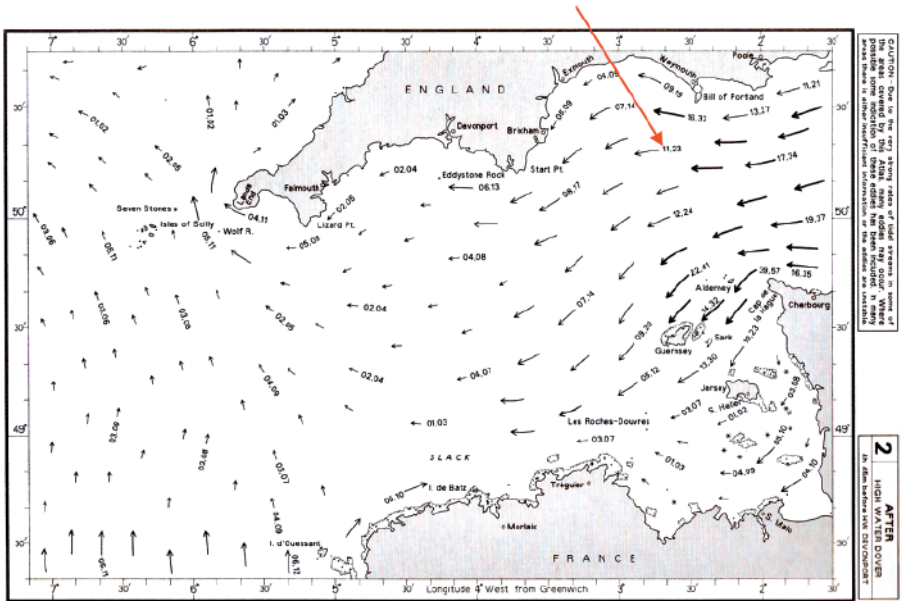


Abb. 2.1.44: Gezeitenströme im Englischen Kanal 2 h nach dem Hochwasser in Dover

ausgewählte Orte, die in der Karte mit Rauten markiert und einem Buchstaben bezeichnet sind, Richtung und Stärke des Gezeitenstromes an. Die Tabelle enthält 13 Zeilen, je eine für den Zeitraum von 6 h vor Hochwasser in Dover bis 6 h danach.

Die im obigen Beispiel gewählte Position befindet sich in unmittelbarer Nähe einer mit „G" bezeichneten Stromraute. Für den Zeitpunkt 2 h nach Hochwasser in Dover weist die Tabelle die Werte 259°, 2.3 und 1.1 aus. Die erste Zahl gibt die Richtung des Stromes an, die beiden anderen die Stromgeschwindigkeiten in kn für Spring- und für Nippzeit. Die der Karte entnommene Information deckt sich also mit der aus dem Gezeitenstromatlas.

Während sich das Arbeiten mit Stromatlanten vor allem für die Reiseplanung (z. B. Durchfahren des Englischen Kanals mit wechselnden Stromverhältnissen) anbietet, wird der Gezeitenstrom beim Eintragen von Positionen oder bei der Kursbestimmung eher der Seekarte entnommen.

2.1.7 Nautische Publikationen

In der internationalen Seeschifffahrt werden überwiegend Seekarten und nautische Publikationen britischen Ursprungs verwendet. Das gilt auch für Schiffe unter deutscher Flagge, weil deutsche nautische Veröffentlichungen auf bestimmte Seegebiete beschränkt sind oder nicht mehr aufgelegt werden. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Veröffentlichungen. Dazu gehören:

Admiralty Charts	Deutsche Seekarten
Chart 5011 – Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts	Karte 1 (INT 1)
Admiralty Sailing Directions	Seehandbücher
The Mariner's Handbook (NP 100)	Handbuch für Brücke und Kartenhaus
Admiralty Tide Tables	Gezeitentafeln

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Admiralty Tidal Stream Atlases	Atlas der Gezeitenströme
Admiralty List of Lights and Fog Signals	Leuchtfeuerverzeichnisse
Notice to Mariners	Nachrichten für Seefahrer

Mehr Informationen sind in [2.1.6] beschrieben. Im Folgenden werden Hinweise zum Gebrauch von britischen Seekarten, Leuchtfeuerverzeichnissen und Seehandbüchern gegeben. Der Umgang mit den entsprechenden deutschen Veröffentlichungen erfolgt analog. Eine ausführliche Anleitung zum Gebrauch der britischen Gezeitentafeln und der Gezeitenstrom-Atlanten ist bereits in Kapitel 2.1.6 enthalten.

(1) Seekarten

Jedes Schiff muss, den Bestimmungen des internationalen *SOLAS*-Übereinkommens entsprechend, die für die bevorstehende Reise notwendigen Seekarten mitführen. Diese müssen aktuell sein. Um die Aktualität zu gewährleisten, muss die jeweils neueste Auflage an Bord sein, und die letzten Berichtigungen müssen eingearbeitet sein. Existieren für ein Seegebiet mehrere Karten unterschiedlichen Maßstabs, muss immer die Karte mit dem größten Maßstab verwendet werden. Diese enthält Details, die in den Karten kleineren Maßstabs aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen werden. Zur Reiseplanung werden spezielle Seekarten verwendet (*Passage Planning Charts for Use in conjunction with navigational charts*, z. B. *chart 5500* für den Englischen Kanal).

Es gibt einen Katalog der britischen Seekarten (NP 131), der die verfügbaren Seekarten mit ihren Begrenzungen und den Zeitpunkten der Herausgabe enthält. Dem Katalog können auch Adressen von Bezugsstellen entnommen werden.

Symbole: Die in britischen Seekarten verwendeten Symbole und Abkürzungen entsprechen den international üblichen und können mit Hilfe der Karte INT 1 entschlüsselt werden. Es gibt innerhalb des Systems britischer Publikationen auch die Karte 5011 mit dem Titel *Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts*, die dem gleichen Zweck dient. Sie wird wie eine Seekarte behandelt und unterliegt daher dem Berichtigungssystem.

Maßeinheiten: Früher wurden in britischen Seekarten die Wassertiefen in Faden (6 Fuß = 1,83 m) und Fuß (0,3048 m) angegeben. Die Umstellung auf das metrische System erfolgt sukzessive mit der Neuherausgabe der Seekarte. Da noch ältere Karten existieren, muss vor Gebrauch einer britischen Seekarte auf das Maßsystem geachtet werden.

Bezugssysteme: Jede Seekarte enthält die Information über das verwendete geografische Bezugssystem. Das horizontale Bezugssystem für die Koordinaten Breite und Länge (*horizontal chart datum*) ist in der Regel ein lokales, das sich vom *World Geodetic System* (WGS) mehr oder weniger unterscheidet. Die mittels Satellitennavigation (GPS) ermittelten Positionen beruhen auf WGS (s. Kap. 2.3). Die am GPS-Empfänger abgelesenen Werte für Breite und Länge müssen daher um die in der Seekarte angegebenen Verschiebungen $\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$ korrigiert werden. Die Verschiebungen betragen im Englischen Kanal etwa 140 m (in Bezug auf ED50). Im freien Seeraum spielen die Differenzen keine Rolle.

Die Wassertiefe ist auf ein bestimmtes Niveau, das Seekartennull (*chart datum*), bezogen. Diese Information ist insbesondere in Gezeitengewässern von Bedeutung, weil sich die verwendeten Gezeitentafeln möglicherweise auf eine andere Kartennull-Ebene beziehen. In der Regel beziehen sich Seekarten in Gezeitengewässern auf LAT *(Lowest Astronomical Tide)*. Damit soll erreicht werden, dass im Regelfall die in der Seekarte ausgewiesenen Wassertiefen auch als Mindestwassertiefen vorhanden sind und eventuelle Abweichungen nach unten nur wetterbedingt sind. (Bis zum Jahr 2012 galt in der östlichen Nordsee und in der Deut-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

schen Bucht in allen Seekarten (auch in den britischen!) als Bezugsebene noch das mittlere Spring-Niedrigwasser (*MLWS = Mean Low Water Spring*). Die entsprechenden Seekarten wurden im Zuge der Neuvermessung des Seegebiets sukzessive umgestellt.) Die Gezeitentafeln für die Deutsche Bucht und die deutschen Nordseehäfen beziehen sich ebenfalls auf LAT. Eine auf LAT bezogene Wassertiefe ist etwa 0.5 Meter kleiner als die auf *MLWS* bezogene Zahl. Andere Seegebiete (z. B. die Ostsee) beziehen sich dagegen auf den mittleren Wasserstand.

(2) Leuchtfeuerverzeichnisse

Leuchtfeuerverzeichnisse (*Admiralty List of Lights and Fog Signals*) sind im Vergleich mit den Seekarten genauere und zuverlässigere Informationsquellen. Sie beziehen sich auf eine geografische Region und werden jährlich neu herausgegeben. Während des Jahres ihrer Gültigkeit müssen sie laufend berichtigt werden. In ihnen sind alle Leuchtfeuer und -tonnen mit einer Höhe von über 8 m erfasst. Deutsche Leuchtfeuerverzeichnisse enthalten dagegen auch alle Leuchttonnen. Für jedes Leuchtfeuer sind angegeben:

- Name des Feuers,
- geografische Position nach Breite und Länge,
- Kennung und Wiederkehr (s. Kap. 2.1.1),
- Feuerhöhe in m (über Wasseroberfläche),
- Nenntragweite in sm,
- Beschreibung der Struktur des Turmes und dessen Höhe in m (über Sockel),
- Sektoren, in denen das Feuer sichtbar ist (mit zugehörigen Farben),
- Nebelsignale und andere Informationen.

Bei der Distanz, über die das Feuer zu sehen ist, muss zwischen der geometrisch bedingten Sichtweite, der von atmosphärischen Bedingungen abhängigen Tragweite und der angegebenen Nenntragweite unterschieden werden (s. Kap. 2.1.1). Die für die einzelnen Leuchtfeuer angegebene Nenntragweite bezieht sich auf eine Standard-Sichtigkeit der Atmosphäre von 10 sm. Sie kann mit Hilfe von Tabellen und Diagrammen, die in den Leuchtfeuerverzeichnissen enthalten sind, in die aktuelle Tragweite und Sichtweite umgewandelt werden.

(3) Seehandbücher

Seehandbücher (*Admiralty Sailing Directions)* enthalten Informationen über das betreffende Seegebiet, die über die in den Seekarten zu findende Information hinausgehen. Das betrifft zum Beispiel Daten über klimatische und hydrometeorologische Verhältnisse. Die Darstellung geht davon aus, dass aktuelle Seekarten und andere nautische Publikationen vorliegen und gemeinsam mit dem Handbuch genutzt werden.

Seehandbücher werden in größeren Zeitabständen herausgegeben. Im Abstand von ein bis drei Jahren werden Nachträge (*Supplements*) veröffentlicht. Bis zum Erscheinen der nächsten Ausgabe müssen die Handbücher berichtigt werden. Englische Seehandbücher tragen den Namen des Seegebiets – gefolgt vom Wort *Pilot*. Das Handbuch für den Englischen Kanal heißt z. B. *Channel Pilot*.

Mittelbar zu den Seehandbüchern gehört das *Mariner's Handbook* (NP100), eine Anleitung für den Gebrauch verschiedener nautischer Publikationen. Die dort ebenfalls zu findenden allgemeinen Angaben zur Meteorologie, zu den Meeresströmungen oder zum Meereis werden in den regionalen Seehandbüchern nicht wiederholt. Das NP100 entspricht weitgehend dem deutschen Handbuch für Brücke und Kartenhaus und unterstützt als wichtige Informationsquelle die Schiffsführung bei der Durchführung des nautischen Wachdienstes.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) Berichtigungen

Jede für die Navigation wichtige Information kann zeitlichen Änderungen unterliegen. Für das sichere Führen eines Schiffes kommt es auf aktuelle und zuverlässige Informationen an. Daher müssen alle nautischen Veröffentlichungen laufend berichtigt werden. *SOLAS* Kap. V verlangt in Regel 34 in Verbindung mit den *Guidelines for Voyage Planning* zwingend die Verwendung genauer und auf den neuesten Stand berichtigter Seekarten im geeigneten Maßstab für die beabsichtigte Reise, alle relevanten ständigen und zeitweiligen Nachrichten und Bekanntmachungen für Seefahrer sowie vorliegende nautische Warnnachrichten für die Schifffahrt. Außerdem sind genaue und auf den neuesten Stand berichtigte Seehandbücher, Leuchtfeuerverzeichnisse und Handbücher Nautischer Funkdienst vorzuhalten.

Um die nautischen Publikationen an Bord aktuell zu halten und um deren Aktualität kontrollieren und gegebenenfalls nachweisen zu können, ist ein gewisses Managementsystem notwendig. Die Berichtigung ist eine zeitaufwendige Tätigkeit, die auch an geeignete Unternehmen (Vertriebsstellen des *Hydrographic Office*) delegiert werden kann. Wenn sie an Bord geliefert werden, sind die berichtigten nautischen Publikationen aktuell. Von diesem Zeitpunkt an ist die Schiffsführung für die fortlaufende Berichtigung aller für die bevorstehende Reise benötigten Seekarten und anderer Publikationen verantwortlich.

Die amtlichen Medien für Berichtigungen nautischer Veröffentlichungen sind die deutschen Nachrichten für Seefahrer (NfS) und die britischen *Notices to Mariners (NTM)*. Diese erscheinen wöchentlich und umfassen sechs Teile:

I Erläuterungen
II Berichtigung von Seekarten
III Abdruck der über Funk verbreiteten Navigationswarnmeldungen
IV Berichtigung von Seehandbüchern
V Berichtigung von Leuchtfeuerverzeichnissen
VI Berichtigung des nautischen Funknachrichtendienstes

Seekarten: Am Anfang von Teil II werden neue Seekarten und neue Ausgaben vorhandener Seekarten aufgelistet. Diese enthalten in der Regel Änderungen, die nicht in den *NTM* veröffentlicht werden. Die älteren Ausgaben der betroffenen Seekarten werden damit für die Navigation unbrauchbar.

Die einzelnen Berichtigungen sind fortlaufend nummeriert und mit einer zweistelligen Jahreszahl versehen (1136/08 bedeutet beispielsweise: Korrektur Nr. 1136 des Jahres 2008). Bevor eine Berichtigung vorgenommen wird, ist zu prüfen, ob die vorangegangene Berichtigung durchgeführt wurde. Beim Kauf neuer Seekarten gibt ein Stempelaufdruck Auskunft über den Berichtigungsstand (z. B. *corrected up to 1136/08*).

Grundsätzlich werden Änderungen so vorgenommen, dass die ursprüngliche (durch die Berichtigung überholte) Information sichtbar bleibt. Wird zum Beispiel eine Tonne (um eine kleine Distanz) verlegt, wird diese Tonne eingekreist und vom Kreis ein geschwungener Pfeil zur neuen Position gezeichnet (geschwungener Pfeil, damit keine Verwechslung mit einem Peilstrahl erfolgt). Ähnlich kann mit neuen Eintragungen an solchen Stellen verfahren werden, wo nicht genügend Platz für eine Eintragung ist. Auch hier wird die Position mit einem kleinen Kreis markiert. An einer naheliegenden „freien" Stelle wird die Berichtigung eingetragen. Von dort aus weist dann der geschwungene Pfeil in Richtung des kleinen Kreises (siehe Beispiele in NP 294). Bei Streichungen dürfen ungültige Informationen niemals pauschal weggestrichen werden. Es wird jede Information bzw. jede Zeile einzeln gestrichen. Dabei muss die frühere Aussage erkennbar bleiben. So wird z. B. eine Leuchttonne neben einem Wrack weggestrichen, nicht aber das Wrack unmittelbar daneben, das sie gekennzeichnet hat.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Nach dem Ausführen der Berichtigung wird deren Nummer am unteren linken Rand der Seekarte vermerkt. Eine ausführliche Anleitung zur Durchführung der Berichtigungen ist die Veröffentlichung NP 294 mit dem Titel *How to correct Your Charts the Admiralty Way*.

Die Berichtigung selbst muss so sorgfältig vorgenommen werden, dass auch andere Nutzer der Seekarte die Änderung erkennen, die neue Information verwerten und sich auf die Richtigkeit der geänderten Angaben verlassen können. Missverständliche Berichtigungen können weitreichende Folgen haben. Daher ist eine sorgfältige Überprüfung seiner eigenen Korrektur durch den Berichtigenden selbst sinnvoll und wichtig. Permanente Änderungen werden mit Tinte, vorzugsweise in violetter Farbe, eingetragen.

Es gibt auch Änderungen, die nur zeitweilig gültig sind und solche, die erst in Zukunft wirksam werden. Diese Meldungen werden mit den Buchstaben T (für *temporary*) und P (für *preliminary*) gekennzeichnet. Sie enthalten Angaben über den Zeitraum, für den diese Änderung gilt. Solche Berichtigungen werden mit Bleistift vorgenommen, um sie später wieder beseitigen zu können. Sie werden wegen der begrenzten Gültigkeit weder von den hydrografischen Diensten noch von den berichtigenden Vertriebsstellen eingearbeitet und müssen daher auch in neu gekauften Seekarten eingetragen werden. Dazu müssen die letzten zwei kompletten Jahrgänge der *NTM* an Bord sein. Zur Erleichterung bei der Berichtigung werden alle vier Wochen Listen der noch gültigen Berichtigungen den *NTM* beigefügt.

Umfangreiche Änderungen werden bisweilen durch die Reproduktion eines Ausschnitts der betroffenen Seekarte bekannt gegeben. Dieser Ausschnitt (*patch, block*) kann an die entsprechende Stelle der Seekarte eingeklebt werden.

Seehandbücher: Änderungen in den Seehandbüchern werden als Teil IV der *NTM* veröffentlicht. Die Seehandbücher enthalten ein Korrekturblatt, in dem die erfolgten Berichtigungen dokumentiert werden. Anders als bei den Seekarten werden die Berichtigungen den wöchentlichen Ausgaben der *NTM* entsprechend nummeriert. *Corrected up to 29/08* bedeutet also, dass die letzte vorgenommene Berichtigung diejenige der 29. Woche des Jahres 2008 ist.

Es wird empfohlen, nur kleinere Berichtigungen im Handbuch selbst vorzunehmen. Auch hier ist auf die weitere Lesbarkeit der ungültig gewordenen Information zu achten. Im Allgemeinen werden die Änderungen in einem Ordner gesammelt. Dabei soll die jüngste Änderung zuerst lesbar sein. Beim Gebrauch der Seehandbücher muss parallel der Ordner mit den Änderungen eingesehen werden.

Leuchtfeuerverzeichnisse: Änderungen in den Leuchtfeuerverzeichnissen werden als Teil V der *NTM* veröffentlicht. Leuchtfeuer betreffende Änderungen erscheinen in der Regel zuerst in Teil V und erst später in Teil II (Seekarten). Da die Einarbeitung der Korrektur in die Seekarte aufwendiger ist, werden manche Änderungen überhaupt nicht in Teil II veröffentlicht. Eine Berichtigung hat dieselbe Form wie der Eintrag im Leuchtfeuerverzeichnis selbst. Sie wird ausgeschnitten und in das Buch so eingeklebt, dass die ursprüngliche Information lesbar bleibt. Das gelingt durch Befestigen des Randes der ausgeschnittenen Berichtigung. Dieses Verfahren erspart das Streichen oder manuelle Ändern, führt aber zu Einschränkungen in der Handhabung des Buches. Wegen der regelmäßigen (etwa jährlichen) Neuauflage bleibt der störende Einfluss der teilbefestigten Korrekturen begrenzt.

Neue Ausgaben von Seekarten und Handbüchern enthalten zahlreiche nautisch relevante Änderungen, die nicht mehr durch die *NTM* veröffentlicht wurden. Deshalb werden mit dem Erscheinen einer Neuausgabe die vorhergehenden Ausgaben für die Navigation unbrauchbar und lassen sich nicht mehr einwandfrei berichtigen. Ihre weitere Benutzung birgt erhebliche Gefahren für die Schiffssicherheit. Deshalb müssen neue Ausgaben unverzüglich beschafft werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

2.2 Astronomische Navigation

Christoph Wand

Die astronomische Navigation ist heute nur noch ein Not-Navigationsverfahren. Ihre Darstellung beschränkt sich daher ausschließlich auf die für die Anwendung notwendigen Aspekte. Vor der Erläuterung der eigentlichen Verfahren werden im Folgenden einige Grundlagen und Begriffe bereitgestellt. Weitergehende Literatur und Tafelwerke: [2.2.1] [2.2.2] [2.2.3] [2.2.4] [2.2.5] [2.2.6]. Die Fotos dieses Kapitels sind mit freundlicher Genehmigung der Diplomarbeit von Ute Gottinger (Erstellen von E-Learning-Modulen zur Astronomischen Navigation, Elsfleth 2007) entnommen.

2.2.1 Grundlagen

(1) Koordinatensysteme und Begriffe

Im Folgenden werden anhand einer Darstellung der Koordinatensysteme (Abb. 2.2.1) die entscheidenden Begriffe (Tabelle 2.2.1) kurz beschrieben.

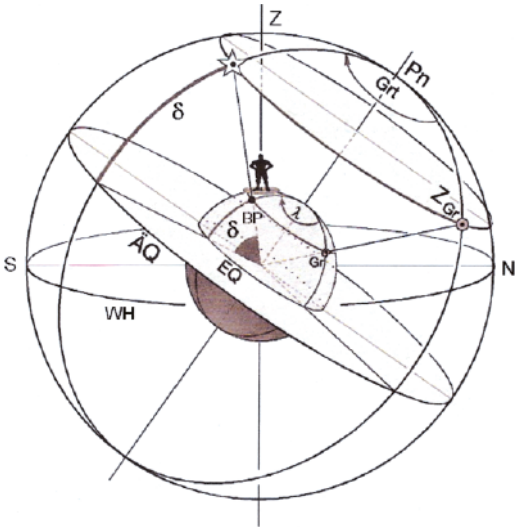


Abb. 2.2.1: Koordinatensysteme und astronomische Grundbegriffe

Zeichen	Bedeutung	Erläuterung
Pn	Nördlicher Himmelspol	Schnittpunkt von Himmelskugel und Verlängerung der Erdachse über den Nordpol hinaus
ÄQ	Himmelsäquator	Schnittkreis der Ebene des Erdäquators (EQ) mit der Himmelskugel
WH	„wahrer“ Horizont	virtueller, in den Erdmittelpunkt verschobener Horizont
φ	Geografische Breite des Beobachters	entscheidend für die Darstellung: Polhöhe über WH = geografische Breite
N	Nordpunkt	Definition der Nordrichtung auf dem wahren Horizont
Z	Zenit	Punkt auf der Himmelssphäre senkrecht über dem Beobachter
δ	Deklination (auch DECL)	Winkel zwischen Verbindungslinie Erdmittelpunkt – Gestirn und Äquatorebene

Tabelle 2.2.1: Astronomische Grundbegriffe

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zeichen	Bedeutung	Erläuterung
BP	Bildpunkt	Schnittpunkt von Erdoberfläche und Verbindungslinie Erdmittelpunkt – Gestirn; der Punkt, an dem das Gestirn im Zenit steht
Gr	Greenwich	Meridian durch Greenwich
Grt	Greenwicher Stundenwinkel	Winkel zwischen der Meridianebene des Gestirns und der Meridianebene des Nullmeridians (auch: GHA = *Greenwich hour angle*)
t	Ortsstundenwinkel	Winkel zwischen der Meridianebene des Gestirns und der Meridianebene des Beobachters (auch: LHA = *local hour angle*)
γ	Frühlingspunkt (Aries)	Punkt auf dem Himmelsäquator, an dem die Sonne ihre Deklination von S auf N wechselt (dieser Punkt liegt im Sternbild Widder (Aries))
Grt γ	Grt von Aries	Winkel zwischen der Meridianebene des Frühlingspunktes und der Meridianebene des Nullmeridians
β	Sternwinkel	Winkel zwischen der Meridianebene des Frühlingspunktes und der Meridianebene eines Fixsterns

Tabelle 2.2.1: Astronomische Grundbegriffe (Fortsetzung)

a) Koordinatensystem des Beobachters: „Horizontalsystem“

Der Horizont des Beobachters bildet eine Tangentialebene an die Erdoberfläche. Für die astronomische Ortsbestimmung erfolgt die Umrechnung über einen virtuellen, in den Erdmittelpunkt verschobenen Horizont (in Abb. 2.2.1: WH, „wahrer“ Horizont). Die Koordinaten eines Gestirns in diesem System sind:

h Höhe Höhenwinkel des Gestirns über dem wahren Horizont,
Az Azimut rechtweisende Peilung zum Gestirn.

Die Berechnung von Höhe und Azimut erfolgt auf Basis der im Nautischen Jahrbuch zu findenden Angaben im Koordinatensystem des Himmelsäquators:

b) Koordinatensystem des Himmelsäquators

Die Koordinaten im System des Himmelsäquators sind:

Grt Ortsstundenwinkel des Gestirns,
δ Deklination,
φ Geografische Breite des Beobachters.

Die Werte Grt und d von Sonne, Mond und Planeten sind für die volle Stunde dem Nautischen Jahrbuch (Ephemeriden, Nautical Almanach) zu entnehmen und für den genauen Beobachtungszeitpunkt (mm:ss) mit dem dort angegebenen Zuwachs zu berichtigen. Alternativ kann entsprechende Software genutzt werden.

Da sich die Position der Sterne im Koordinatensystem des Himmels nur sehr langsam ändert, werden im Jahrbuch nur Grt γ (hh:mm:ss) sowie für die wichtigsten Sterne die für den Tag als konstant anzunehmende Deklination δ und der Sternwinkel β angegeben. Der Greenwicher Stundenwinkel eines Sterns kann dann als Summe aus dem Greenwicher Stundenwinkel des Frühlingspunktes und dem Sternwinkel bestimmt werden:

$$Grt_{Stern} = Grt_{\gamma} + \beta_{Stern} \tag{2.2.1}$$

Praktisch ist das Identifizieren der Sterne den meisten Nautikern heute nur mit der Tafel HO 249 Selected Stars oder entsprechender Software möglich (vgl. Kap. 2.2.2 (2)). Das Arbeiten mit HO-Tafeln [2.2.6] ist dabei die einfachste Variante. Das Verfahren beruht darauf, dass an Stelle

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

des Koppelortes ein in der Nähe liegender Rechenort für jeden Stern so gewählt wird, dass die Werte für Breite und Ortsstundenwinkel des Frühlingspunktes ganzzahlig werden. Das genaue Verfahren wird in den Tafeln an Beispielen erläutert.

(2) Der Sextant

Der Sextant dient zur Messung der Höhe eines Gestirns, d. h. des Winkels zwischen Horizont und Strahl zum Gestirn. Das Funktionsprinzip wird anhand des Strahlengangs (Abb. 2.2.2) erläutert. Der so genannte „große Spiegel" (in der Abbildung der obere Spiegel) ist beweglich und wird so eingestellt, dass das an ihm und ein zweites Mal am unbeweglichen „kleinen Spiegel" gespiegelte Bild des Gestirns sich mit dem direkten Bild der Kimm deckt. Der Winkel zwischen den Spiegeln (α) ist die Hälfte der gemessenen Höhe (in Abb. 2.2.2: β). Auf der Gradskala kann der Höhenwinkel direkt abgelesen werden. Stehen die Spiegel bei der Nullstellung nicht parallel, muss zur Korrektur dieses konstanten Fehlers die so genannte Indexbeschickung (Ib) an die abgelesene Höhe angebracht werden. Dieser und andere Fehler des Sextanten müssen vor der Beobachtung geprüft und ggf. eliminiert werden. Dies gilt vor allem, wenn das Gerät selten benutzt wird.

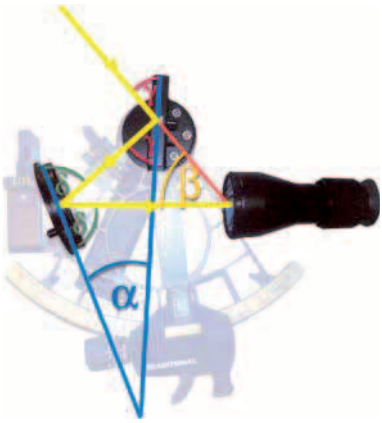


Abb. 2.2.2: Funktionsprinzip des Sextanten

a) Konstanter Fehler und Indexbeschickung Ib

Die Bestimmung des konstanten Höhenfehlers erfolgt in der Praxis meist über die Beobachtung der Kimm. Das Verfahren ist für die zu erwartende Beobachtungsgenauigkeit vollkommen hinreichend. Es gibt andere Verfahren, die aber in der Praxis auch früher nur selten angewandt wurden.

Das gespiegelte Bild der Kimm (Abb. 2.2.3; rechte Bildhälfte) deckt sich bei Nullstellung des Sextanten in der Regel nicht exakt mit dem ungespiegelten Bereich des Beobachtungsfensters (linke Bildhälfte). Das gespiegelte Bild wird nun bei der Messung im Beobachtungsfeld auf gleiche Höhe wie das nicht gespiegelte gestellt. Da die gemessene Höhe der Kimm 0 sein muss, ist die am Sextanten abgelesene Höhe (z. B. $h_S = + 2'$) der Fehler. Die Indexbeschickung entspricht betragsmäßig diesem Fehler, hat aber als Korrekturwert das umgekehrte Vorzeichen (hier: Ib = -2'). Bei einem Betrag der Indexbeschickung von etwa $|Ib| > 3'$ sollte der Spiegel justiert werden (s. u.).

Abb. 2.2.3: Indexfehler

b) Kippfehler

Neben dem konstanten Höhenfehler können Fehler dadurch auftreten, dass ein oder beide Spiegel nicht senkrecht auf der Instrumentenebene stehen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der **Kippfehler des „großen Spiegels“** wird kontrolliert, indem man den Sextanten auf eine Höhe von etwa 40° einstellt und dann in der Sextantenebene am Spiegel vorbei auf die Gradskala sieht. Man sieht dann rechts die Gradskala und links im Spiegel das gespiegelte Bild derselben (Abb. 2.2.4). Wenn ein Kippfehler des großen Spiegels vorliegt, ist – wie in der Abbildung – ein „Sprung“ zwischen der realen Gradskala und ihrem gespiegelten Bild zu erkennen.

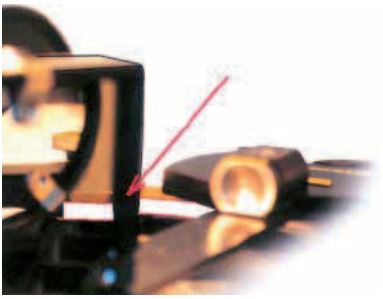


Abb. 2.2.4: Kippfehler des großen Spiegels: Der Sprung zwischen Gradskala (rechts) und ihrem gespiegelten Bild (links) ist weiß hervorgehoben

Abb. 2.2.5: Kippfehler des kleinen Spiegels

Der **Kippfehler des „kleinen Spiegels“** (des unbeweglichen Spiegels) ist wieder über die Beobachtung der Kimm zu bestimmen. Man stellt dazu den Sextanten unter Berücksichtigung der Indexbeschickung so ein, dass die Kimm als durchgehendes Bild erscheint. Kippt man den Sextanten nun leicht zu beiden Seiten, wird sich das Bild verschieben, wenn ein Kippfehler des kleinen Spiegels vorliegt (Abb. 2.2.5).

c) Justierung des Sextanten

Wenn Kippfehler beobachtet werden, müssen die Spiegel in folgender Reihenfolge justiert werden:

- der Kippfehler des großen Spiegels durch Drehen der Schraube am Spiegel,
- der Kippfehler des kleinen Spiegels durch Drehen der Schraube am kleinen Spiegel, die der Instrumentenebene gegenüber liegt,
- der Indexfehler durch Drehen der Schraube am kleinen Spiegel, die auf der Seite der Instrumentenebene liegt.

Die Korrektur erfordert etwas Übung. Da der kleine Spiegel an drei Punkten gelagert ist, stehen die Kippachsen beim Verdrehen der Korrekturschrauben nicht senkrecht zueinander. Daher wird eine Korrektur des einen Fehlers auch die anderen beeinflussen. Man muss daher nach jeder Korrekturdrehung an einer Schraube auch die anderen Fehler kontrollieren und kann so in mehreren Durchgängen den Sextanten justieren.

2.2.2 Astronomische Ortsbestimmung

(1) Überblick über das Verfahren

Das gebräuchliche Verfahren der astronomischen Navigation (Methode nach St. Hilaire) beruht auf der Korrektur eines angenommenen Schiffsortes. Das Verfahren wird nun an einem Beispiel erläutert. Die Daten, die sich auf das Beispiel beziehen, sind im folgenden Text grau unterlegt. Die einzelnen Schritte sind folgende:

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

a) Die Höhe eines Gestirns über dem Horizont wird gemessen und der genaue Zeitpunkt der Messung notiert.
b) Die gemessenen Werte werden berichtigt, u. a. für die Augeshöhe des Beobachters und die Strahlenbrechung in der Atmosphäre.
c) Für den Koppelort und den Beobachtungszeitpunkt wird die Position des beobachteten Gestirns (Höhe und Azimut) berechnet.
d) Durch den Vergleich von beobachteter und gemessener Höhe wird unter Berücksichtigung des Azimuts eine Standlinie ermittelt.
e) Mehrfache Beobachtungen – zeitgleiche Beobachtungen mehrerer Gestirne oder zeitversetzte Beobachtungen eines Gestirns – liefern mehrere Standlinien und damit einen Schiffsort.

Die Beobachtung des Gestirns liefert Messwerte im Koordinatensystem des Beobachters, die Berechnung der Position des Gestirns erfolgt zunächst im Koordinatensystem des Himmels. Der Vergleich der Position des Gestirns erfordert daher die Umrechnung vom Koordinatensystem des Himmels in das Koordinatensystem des Beobachters. Die Umrechnung erfolgt auf einer Sphäre. Die Positionen unterscheiden sich damit von Positionen im WGS-84. Die einzelnen Schritte des Verfahrens werden an folgenden Beispielen erklärt. Die Daten des Nautischen Jahrbuchs 2005 sind zu finden im Begleitheft für die Ausbildung und Prüfung von Sportseeschiffern des DSV-Verlags [2.2.3].

(2) Methode 1: Ort aus zwei Höhen ohne Versegelung

Werden zwei Gestirne ungefähr zum selben Zeitpunkt beobachtet (für ein langsames Schiff z. B. in einem Zeitabstand von 6 min, für ein schnelles in einem Abstand von ca. 3 min), lassen sich zwei Standlinien und damit ein Ort bestimmen. Ungefähr zum selben Zeitpunkt können beobachtet werden:

– Fixsterne,
– Sonne und Planet,
– Sonne und Mond,
– Mond und Planet.

Beispiel: Am 15.06.2005 werden nahezu gleichzeitig Sonne und Mond (jeweils Unterrand) beobachtet:

Koppelort um 16:00 ZZ:		48°05,0’ N	028°11,0’ W
Sonne:	18:01:31 UT1	am Sextanten abgelesene Höhe:	35° 40,5’
Mond:	18:03:28 UT1	am Sextanten abgelesene Höhe:	32° 00,5’

Die Indexbeschickung des Sextanten ist: Ib = -3,0’. Augeshöhe: 26 m

Auf Besonderheiten bei einzelnen Gestirnen wird unabhängig vom Beispiel hingewiesen. Es folgen dann Bemerkungen zur Genauigkeit und zu Sonderverfahren.

Schritt a) Messung der Gestirnshöhe mit dem Sextanten

Sonne, Mond und Planeten: Zunächst wird der Sextant unter Berücksichtigung der Indexbeschickung in die Nullstellung gebracht. Zur Beobachtung von Mond oder Sonne werden die notwendigen Blenden in den Strahlengang geklappt. Dann wird das Gestirn durch den Sextanten anvisiert. Den beweglichen Arm des Sextanten (Alhidade) festhaltend wird nun der Sextant langsam nach unten gedreht, so dass stets das gespiegelte Bild des Gestirns im Blickfeld (in der rechten Bildhälfte) bleibt. Wenn im ungespiegelten Teil des Blickfeldes die Kimm in Sicht kommt, wird mit der Stellschraube das Gestirn präzise auf die Kimm gesetzt. Bei Sonne oder Mond wird der Unter- oder Oberrand so eingestellt, dass die Kimm tangential verläuft.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Wird der Sextant nicht exakt senkrecht gehalten, ergibt sich ein ungenauer Messwert (Abb. 2.2.6). Daher muss der Sextant während der Beobachtung leicht hin- und hergedreht werden. Das Gestirn bewegt sich dann im Bildfeld auf einem Kreisbogen. Der unterste Teil des Kreisbogens ist die Position des Bildes, bei der der Messwert abgelesen und die exakte Zeit gestoppt wird. Beobachtungen bei Höhen unter 15 ° und über 75 ° sind wenig aussagekräftig.

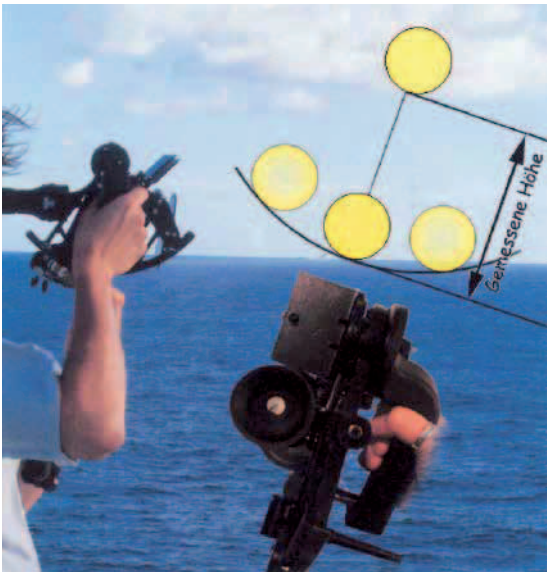


Abb. 2.2.6: Höhenmessung – Das Gestirn wird auf die Kimm gesetzt

Fixsterne: Sterne werden nur zur Zeit der Dämmerung beobachtet, da nur dann Sterne und Kimm gut sichtbar sind. Messungen bei Mondschein sind nicht genau, da die Kimm gegenüber dem bei Sonnenlicht angenommenen Horizont verschoben und oft auch verspiegelt ist. Mit Sextanten mit künstlichem Horizont können Messungen auch zu anderen Zeiten durchgeführt werden. Da in der Dämmerung die Sternbilder meist noch nicht oder nicht mehr zu erkennen sind, ist es in der Praxis den meisten Beobachtern heute unmöglich, einen Stern ad hoc eindeutig zu identifizieren. Die Auswahl geeigneter Sterne wird in der Praxis meist nur bei Verwendung eines entsprechenden Programms oder der HO-Tafeln Selected Stars des Hydrographic Office der USA (s. o.) gelingen. Beispielrechnungen finden sich in den Tafeln [2.2.6].

Die Beobachtung von Sternen erfordert einige Übung. Das Beobachtungsverfahren weicht von dem bei der Beobachtung der Sonne ab: Zunächst werden für den Zeitpunkt des Sonnenauf- oder Sonnenuntergangs die Höhe und das Azimut eines geeigneten Sterns bestimmt. Dazu wird nur der Ortsstundenwinkel des Frühlingspunktes gebraucht. Der Zeitaufwand für diese Rechnung mit Hilfe der Tafeln ist so klein, dass die Vorausberechnung des Sonnenuntergangs nicht mehr notwendig ist. Es genügt, den ungefähren Zeitpunkt der Beobachtung anhand des Sonnenstandes kurz vorher abzuschätzen.

Für die Messung wird der Sextant auf den Wert der vorher anhand der Tafeln bestimmten Höhe eingestellt und über dem Peildiopter mit dem Sextanten die Kimm in Richtung des berechneten Azimuts anvisiert. Der Stern ist dann bereits im Blickfeld. Die genaue Messung der Höhe erfolgt wie bei den anderen Gestirnen. Auf diese Weise kann der Stern auch beobachtet werden, wenn er bei heller Kimm mit bloßem Auge kaum (noch nicht oder nicht mehr) sichtbar ist. Eine Verwechslung mit anderen Sternen ist ausgeschlossen, da die Sterne in den Tafeln so ausgewählt sind, dass in näherer Umgebung keine entsprechend hellen Sterne zu sehen sind.

Bestimmung des genauen Beobachtungszeitpunktes: Die Bestimmung des Beobachtungszeitpunktes erfolgt mit Hilfe einer Stoppuhr. Bei Messung der genauen Höhe wird die Stoppuhr gestartet. Die Zeit bis zum Ablesen des Chronometers wird gestoppt. Die Differenz liefert den exakten Beobachtungszeitpunkt. Er ist ggf. um den Stand (Fehler) des Chronometers zu berichtigen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Schritt b) Gesamtbeschickung: Korrektur der am Sextanten gemessenen Höhe

Bei der Auswertung der Beobachtung sind die Brechung des Lichtes in der Atmosphäre, Parallaxe-Effekte, die Höhe des Beobachters über der Wasseroberfläche (Augeshöhe) und ggf. der Gestirnsradius zu berücksichtigen. Die Fehler hängen im Wesentlichen von dem Winkel ab, in dem die Lichtstrahlen des Objektes durch die Atmosphäre laufen, also der Gestirnshöhe, und von der Augeshöhe des Beobachters (Abb. 2.2.7).

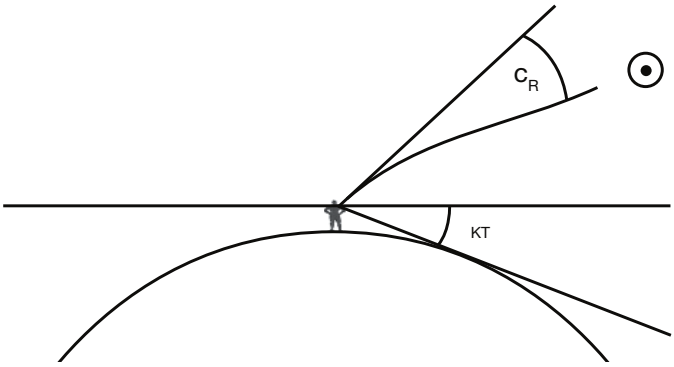


Abb. 2.2.7: Beschickung für Kimmtiefe KT und Refraktion c_R

Die Summe der Fehler wird als Gesamtbeschickung in den Ephemeriden oder Nautischen Tafeln in Abhängigkeit von der Augeshöhe des Beobachters und der gemessenen Höhe des Gestirns (Kimmabstand) angegeben. Die Korrektur für Refraktion beruht dabei auf Standardwerten für die Atmosphäre: Je nach Herausgeber der Tafeln variiert die Gesamtbeschickung daher etwas, ohne dass dies einen für die Praxis bedeutenden Einfluss auf den Standort hätte.

Die korrigierte Höhe wird als „beobachtete Höhe" h_b bezeichnet. Sie berechnet sich zu

$$h_b = h_s + Ib + Gb \qquad (2.2.2)$$

Besonderheiten bei der Sonne: Bei der Sonne wird der Ober- oder Unterrand beobachtet, gemessen werden müsste eigentlich die Höhe des Mittelpunktes. Der Wert der Gesamtbeschickung für den Unterrand berücksichtigt daher bereits die Korrektur um den mittleren Sonnenradius. Für die jahreszeitliche Veränderung des Sonnendurchmessers aufgrund der ellipsenförmigen Bahn der Erde ist eine kleine Korrektur für den jeweiligen Monat anzubringen. Diese ist für die Beobachtung des Unterrandes und des Oberrandes – hier mit der umgekehrten Korrektur für den Radius – getrennt aufgeführt.

Besonderheiten bei Fixsternen und Planeten: Die entsprechende Beschickungstabelle im Nautischen Jahrbuch gilt für Fixsterne. Bei Planeten ist eine Zusatzbeschickung für die veränderliche Entfernung zur Erde anzubringen. Ein Maß für diese Entfernung ist die so genannte Horizontalparallaxe HP. Die HP ist der Winkel, unter dem vom Gestirn aus gesehen der Radius der Erde erscheint. Die Horizontalparallaxe eines Planeten ist im Jahrbuch für den jeweiligen Tag angegeben. Bei der Gesamtbeschickung für Planeten ist daher die Zusatzbeschickung in Abhängigkeit von der jeweiligen Horizontalparallaxe und der beobachteten Höhe aufgeführt.

Besonderheiten beim Mond: Auch beim Mond ist die Horizontalparallaxe zu berücksichtigen. Diese ändert sich wegen der Nähe des Mondes zur Erde schnell und wird daher für den jeweiligen Tag für drei Zeitpunkte angegeben (UT1 = 4:00h, 12:00h, 20:00h). Die Gesamtbeschickung für die Mondbeobachtung ist im Jahrbuch in Abhängigkeit von Augeshöhe, Kimmabstand und Horizontalparallaxe angegeben. Bei Beobachtung des Mondoberrandes muss die gemessene

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Höhe zusätzlich um den Wert des Monddurchmessers verringert werden. Der Monddurchmesser ist in der Tafel für die Gesamtbeschickung in Abhängigkeit von der HP angegeben.

Tabelle 2.2.2 zeigt die Bestimmung der beobachteten Höhen aus der Sextantablesung.

	Sonne	Mond
h_S (Sextantablesung)	35°40,5’	32°00,5’
Ib	-3,0’	-3,0’
(HP; nur Notiz; für Mond)		(55,6’)
Gb (Gesamtbeschickung)	5,7’	51,8’
Korrektur für den Monat	-0,2’	
h_b (beobachtete Höhe)	35°43,0’	32°49,3’

Tabelle 2.2.2: Von der Sextantablesung h_s zur „beobachteten Höhe“ h_b

Schritt c) Berechnung von Azimut und Höhe des Gestirns am Koppelort

Zunächst werden Deklination δ und Ortsstundenwinkel t des Gestirns anhand der Ephemeriden (nautische Jahrbücher, Almanach) bestimmt. Dazu wird man sich am Schema in Tabelle 2.2.3 orientieren. Für das obige Beispiel gilt:

15.06.2005	Sonne	Mond
Grt (Greenw. Stundenwinkel für 18:00)	089°52,0’	351°06,9’
(Unt. Der Unterschied wird hier nur – bei Mond und Planeten – zur Bestimmung von Vb notiert; bei Planeten kann das Vorzeichen negativ sein.)		(Unt = + 16,0’)
Vb (Verbesserung für den Unterschied)		+0,9’
Zw (Zuwachs)	0°22,8’	0°49,6’
Grt (für Beobachungszeitpunkt)	090°14,8’	351°57,4’
γ (Länge des Koppelortes; Ost: positiv; West: negativ)	-028°11,0’	-028°11,0’
t (Ortsstundenwinkel)	**062°03,8’**	**323°46,4’**
δ (Deklination für volle Stunde)	N 23°20,1’	N 0°24,5’
(Unt.: nur als Notiz zur Bestimmung von Vb; Vorzeichen der Änderung von δ beachten!)	(N 0,1’)	(S 14,8’)
Vb (Verbesserung)	0’	S 0,9’
δ Deklination	**N 23°20,1’**	**N 0°23,6’**

Tabelle 2.2.3: Bestimmung von Ortsstundenwinkel und Deklination

Besonderheiten für das Rechenverfahren bei Planeten und Mond: Wegen der Nähe und Eigenbewegung dieser Gestirne sind Verbesserungen (Vb) für die im Jahrbuch stündlich angegebenen Unterschiede (Unt) für Stundenwinkel und Deklination anzubringen. Beispiele finden sich in den nautischen Jahrbüchern.

Mit diesen Ergebnissen für den Ortsstundenwinkel t und die Deklination δ sowie der geografischen Breite φ des Koppelortes können die Höhe h_r und das Azimut berechnet werden. Mit den aus der Großkreisrechnung (Kap. 2.1.3) bekannten Formeln für sphärische Dreiecke (hier für das Dreieck Zenit-Pol-Gestirn) ergibt sich zunächst

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Höhe h_r: $$\sin h_r = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t \quad (2.2.3)$$

Halbkreisiges Azimut Az_r: $$\tan Az_r = \frac{\sin t}{\sin\varphi \cdot \cos t - \tan\delta \cdot \cos\varphi} \quad (2.2.4)$$

und mit der folgenden Vorzeichenregel das vollkreisige Azimut Az:

wenn $t < 180°$	wenn $t > 180°$
wenn $Az_r < 0$, dann $Az = Az_r + 360°$ sonst $Az = Az_r + 180°$	wenn $Az_r < 0$, dann $Az = Az_r + 180°$ sonst $Az = Az_r$

Mit den gewonnenen astronomischen Daten folgen für das oben gegebene Beispiel die gesuchten Werte:

Sonne:	berechnete Höhe	$h_r = 35°36{,}0'$	Azimut	$Az = 266°$
Mond:	berechnete Höhe	$h_r = 32°57{,}4'$	Azimut	$Az = 135°$

Schritt d) Konstruktion einer Standlinie

Alle Positionen, von denen aus ein Gestirn in derselben Höhe gemessen wird, liegen auf einem Kreis um den Bildpunkt des Gestirns, der „Höhengleiche“ (Abb. 2.2.8). Bei den gemessenen Höhen unter 75° ist der Radius der Höhengleiche so groß, dass diese durch die Tangente hinreichend genau ersetzt werden kann. Jeder Beobachter, der eine niedrigere Höhe gemessen hat, steht weiter weg vom Bildpunkt, wer eine größere Höhe gemessen hat, ist näher am Bildpunkt. Die Entfernung von der Höhengleiche in sm ist dabei gleich dem Höhenunterschied in Bogenminuten. Wird für den Koppelort die Höhe h_r des Gestirns berechnet und mit der beobachteten Höhe h_b verglichen, weiß der Beobachter, wie viele sm er näher zum Bildpunkt hin oder weiter vom Bildpunkt entfernt steht:

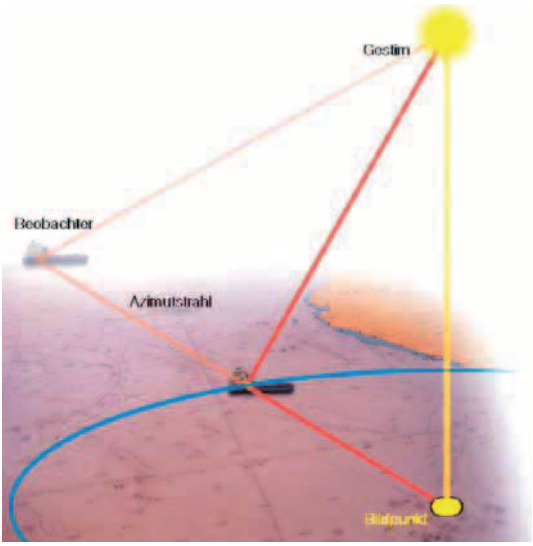


Abb. 2.2.8: Linie gleicher Höhen als Standlinie

$$\Delta h = h_b - h_r \quad (2.2.5)$$

Damit kann eine Standlinie in der Karte eingetragen werden (Abb. 2.2.9). Vom Koppelort O_k aus wird das Azimut (Richtung zum Bildpunkt) angetragen und im Abstand Δh die Standlinie (LOP) als Senkrechte darauf eingezeichnet. Die Genauigkeit des Koppelortes hat dabei keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Standlinie, denn das Verfahren korrigiert gerade den Koppelort: Ein anderer Koppelort würde mit einer anderen Korrektur Δh dieselbe Standlinie liefern. In Abb. 2.2.9 ist $\Delta h > 0$.

Abb. 2.2.9: Konstruktion einer Standlinie (LOP, *line of position*)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Im obigen Beispiel ergibt sich:

Sonne:	$\Delta h = h_b - h_r = +7'$
Mond:	$\Delta h = h_b - h_r = -8{,}1'$

Schritt e) Positionsbestimmung durch Auswertung mehrerer Standlinien

Bei Beobachtung zweier oder mehrerer Gestirne ungefähr zum selben Zeitpunkt ergibt sich der Standort des Schiffes als Schnittpunkt zweier oder mehrerer Standlinien. Die Azimutstrahlen sind in Abb. 2.2.10 nur zur Verdeutlichung eingezeichnet. In der Praxis werden diese nicht eingezeichnet, um sie bei mehreren Standlinien nicht mit diesen zu verwechseln.

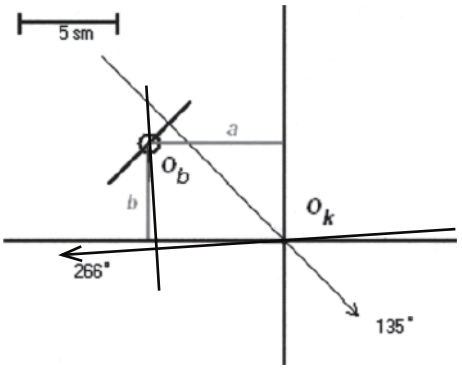


Abb. 2.2.10: Ort aus zwei Höhen

Auswertung im Beispiel: Ort aus zwei Höhen[1)]

Erfolgt die Auswertung in einer Mercator-Karte (*plotting sheet* oder Seekarte), kann die astronomische Position direkt nach Breite und Länge abgelesen werden. Wird die Skizze auf einem leeren Blatt gezeichnet (Abb. 2.2.10), kann der Breitenunterschied $\Delta\varphi$ mit dem gewählten Maßstab direkt abgelesen werden. Für die Bestimmung der Länge ist die Abweitung a zwischen Koppelort und astronomischem Ort in den Längenunterschied $\Delta\lambda$ umzurechnen. Im obigen Beispiel ergibt sich:

Breite:		$\Delta\varphi = 5{,}1'N$	$\varphi_{astr} = \varphi_k + \Delta\varphi$	=	48°10,1'N
Länge:	a = 7,1'W	$\Delta\lambda = a/\cos\varphi = 10{,}6'W$	$\lambda_{astr} = \lambda_k + \Delta\lambda$	=	028°21,6'W

Der beobachtete Ort ist also: 48°10,1'N 028°21,6'W. Die Angabe der Zehntelminuten ist im Hinblick auf die Beobachtungsgenauigkeit von 0,5' unangemessen. Angegeben wird die Position also als:

$O_b = O_{astr}$: 48°10'N 028°22'W

(3) Methode 2: Ort aus zwei Höhen mit Versegelung

Bei diesem Verfahren wird dasselbe Gestirn – im Allgemeinen die Sonne – mehrmals zu verschiedenen Zeitpunkten beobachtet – üblicherweise zu vollen Stunden. Das Verfahren zur Bestimmung der Standlinien ist dasselbe wie bei der Ortsbestimmung ohne Versegelung (s. o.). Die jeweils gewonnenen Standlinien werden auf den letzten Zeitpunkt versegelt. Dieses Verfahren der astronomischen Positionskontrolle ist heute das gängigste.

Beispiel: Um 09:00 und um 12:00 Bordzeit ist die Sonne beobachtet worden.
In der Zwischenzeit ist das Schiff mit 12 kn auf einem KüG = 078° gefahren.

Die Rechnungen für die einzelnen Standlinien um 09:00 und 12:00 werden für den jeweiligen Koppelort wie oben durchgeführt. Die Auswertung liefert zunächst für die Standlinien LOP1 und LOP2 die jeweiligen Werte Δh und Az, die von den jeweils dazugehörigen Koppelorten aus anzutragen sind.

[1)] Die Auswertung und die Erstellung der Skizze erfolgte mit der Shareware von www.nautictools.de.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

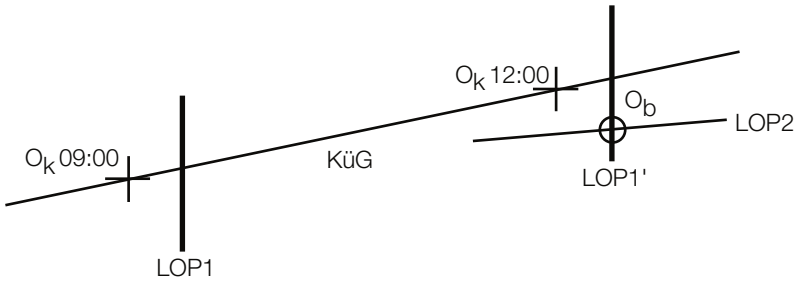


Abb. 2.2.11: Ort aus zwei Höhen mit Versegelung

Die Standlinie LOP1 wird anschließend – wie in der terrestrischen Navigation (Kap. 2.1.4) – um die in der Zwischenzeit zurückgelegte Strecke (hier: 36 sm) versegelt (Abb. 2.2.11). Der Schnittpunkt der versegelten Linie LOP1' mit der Linie LOP2 ist der beobachtete Standort. Bei mehr als zwei Beobachtungen werden alle Standlinien auf den Zeitpunkt der letzten versegelt. Bei der praktischen Auswertung wird oft die erste Standlinie direkt vom zweiten Koppelort aus gezeichnet. Dies entspricht gewissermaßen einer Versegelung des Koppelortes als Aufpunkt der Konstruktion der Standlinie. Allerdings ist meistens ein Eintragen der Standlinien schon zu den Beobachtungszeitpunkten sinnvoll, da – je nach Lage der Standlinie zur Kurslinie – schon zu erkennen sein kann, ob man stark seitlich versetzt ist oder ob man weiter voraus bzw. zurück steht und daher eine andere Koppelgeschwindigkeit annehmen sollte. Im Beispiel ist anhand der ersten Standlinie schon zu erkennen, dass man weiter voraus steht.

Im Falle der Auswertung mit Hilfe von HO-Tafeln müssen die Standlinien immer am jeweils zu wählenden Rechenort angetragen und anschließend versegelt werden.

(4) Genauigkeit

Generell ist festzuhalten, dass die Genauigkeit der Positionsbestimmung wesentlich von der Genauigkeit der Zeitmessung abhängt. Orte aus der Beobachtung von Fixsternen sind die genauesten, da die Messungen (punktförmiges Gestirn, klare Kimm) sehr exakt sind und mehrere Standlinien ohne Versegelung zur Verfügung stehen. Bei Fixstern-Orten ist bei guten Bedingungen mit etwas Erfahrung eine Genauigkeit von etwa ± 1 sm zu erreichen. Bei der Beobachtung der Sonne hängt die Beobachtungsgenauigkeit von der Schärfe des Sonnenbildes und der Kimm ab. Bei astronomischen Orten mit Versegelung treten zusätzlich Versegelungsfehler auf. Diese Orte sind daher abhängig von einer möglichen starken Versetzung und gelten deshalb als recht ungenau. Zu beachten ist, dass die Orte Kugelkoordinaten und nicht WGS-84-Koordinaten darstellen.

(5) Sonderverfahren

Sonderverfahren (Mittagsbreite, Nordsternbreite) spielen schon seit langem in der Praxis keine Rolle mehr. Am Beispiel der Mittagsbreite sei dies kurz erläutert: Die Beobachtung zum Zeitpunkt der Kulmination ermöglichte zum einen eine von einer genauen Uhr unabhängige Bestimmung der Breite, die zudem sehr genau war, da die Sonne zum Zeitpunkt der Kulmination ihre Höhe nicht ändert. Zum zweiten war die Bestimmung der Breite nur mit einer einfachen Rechnung möglich. Der erste Grund ist hinfällig, da die Höhenänderung kurz vor oder nach der Kulmination ebenfalls sehr klein ist. Durch die Verwendung von Uhren und Taschenrechnern sind daneben heute alle Standlinien schnell zu gewinnen. In der Praxis wurde daher schon seit Jahrzehnten die Sonne um 12:00 Bordzeit beobachtet und die Mittagsposition für diesen Zeitpunkt bestimmt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

2.2.3 Astronomische Kompasskontrolle

(1) Allgemeines Verfahren

Die astronomische Kompasskontrolle beruht – wie jede Kompasskontrolle – auf dem Vergleich einer bekannten rechtweisenden Peilung rwP eines Objekts mit der am Kompass beobachteten Peilung KrP oder MgP des Objekts. Es gelten die bekannten Beziehungen (Kap. 2.1.4):

KrP	MgP
+ Ff	+ Abl
+ KrR	+ Mw
= rwP	= rwP

Damit können die zu bestimmenden Werte KrR und Abl direkt berechnet werden. In der Praxis wird meist – wie bei anderen Kompasskontrollen auch – an der Kreiseltochter gepeilt und gleichzeitig Kreiselkurs und Magnetkurs abgelesen. Dann wird

– das KrR über den Vergleich der Peilungen und
– die Abl über den Vergleich der Kurse

bestimmt. **Astronomisch** heißt die Kompasskontrolle nur, weil das gepeilte Objekt ein Gestirn ist. Die rwP, hier also das Azimut, wird wie bei der astronomischen Ortsbestimmung berechnet.

Beispiel: Zum Zeitpunkt der Beobachtung des Mondes (Beispiel aus Kap. 2.2.2) wurde dieser an der Kreiseltochter mit KrP = 134° gepeilt. Das Schiff fuhr zu diesem Zeitpunkt auf einem Kurs von KrK = 045° mit einer Geschwindigkeit von v = 16 kn. Die Breite war etwa 48°. Der Fahrtfehler ist daher Ff = -1°. Der anliegende Magnetkurs war 055°, die Mw lt. Seekarte Mw = -15°.

Damit gilt für das KrR: KrR = rwP – KrP – Ff, also

rwP	135°
- KrP	- 134°
- Ff	- (- 1°)
KrR	+ 2°

Zur Bestimmung der Ablenkung berechnet man zunächst den rechtweisenden Kurs (rwK = KrK + KrR + Ff = 046°) und weiter die Ablenkung (Abl = rwK – MgK – Mw), also:

rwK	046°
- MgK	- 055°
- Mw	- (-15°)
Abl	+ 6°

(2) Sonderfall: Azimut beim wahren Auf- oder Untergang

Ein Sonderfall ist die Kompasskontrolle beim „wahren“ Auf- oder Untergang eines Gestirns. In diesem Falle ist die Peilung besonders einfach, weil das Gestirn im Horizont steht und das Azimut sich nur sehr langsam ändert. Außerdem vereinfacht sich beim Durchgang des Gestirns durch den „wahren“ Horizont (h = 0) die Formel für das halbkreisige Azimut zu

$$\cos Az_r = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \qquad (2.2.5)$$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

mit der Vorzeichenregelung

$Az = Az_r$ beim Aufgang und
$Az = 360° - Az_r$ beim Untergang des Gestirns.

Der Zeitpunkt des wahren Auf- oder Untergangs kann vorausberechnet werden. Dies ist jedoch in der Praxis nicht notwendig, da beim wahren Auf- oder Untergang der Sonne deren Unterrand etwa 2/3 ihres Durchmessers über dem Horizont steht. Dieser ungefähre Zeitpunkt ist für die Beobachtung und die Rechnung hinreichend.

Wird mit Tafelwerken gearbeitet, ist darauf zu achten, dass die viertelkreisig bestimmten Werte in einigen Tafelwerken (z. B. Fulst Nautische Tafeln) jeweils von N oder S nach E oder W, in anderen (z. B. Norie's Tables) von E oder W nach N oder S bestimmt werden. Die entsprechenden Vorzeichenregeln sind jeweils bei den Tafeln angegeben.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

3 Navigationssensoren

3.1 Elektronische Positionssensoren

Bernhard Berking

Mit den Satellitennavigationsverfahren stehen leistungsstarke Systeme für die Bestimmung der Schiffsposition zur Verfügung, doch die Anforderungen an die Qualität der Positionsbestimmung sind wegen der zunehmenden Automatisierung und Integration in der Navigation gestiegen. So wird die Schiffsposition nicht nur am Satellitennavigationsempfänger angezeigt, sondern auch zu automatischer Bahnführung, Radar- und ECDIS-Überlagerung, Identifizierung von Zielen, Kollisionsverhütung, Manövrieren, dynamischer Positionierung und Seenotrettung eingesetzt. Aus diesen Gründen sind nicht nur die Genauigkeit, sondern auch die Integrität, Verfügbarkeit und Kontinuität des Systems von Bedeutung und seine Grenzen müssen dem Nutzer bekannt sein.

3.1.1 GPS – Prinzip und charakteristische Parameter

(1) GPS – Prinzip

Das Global Positioning System NAVSTAR GPS ist ein Satellitennavigationsverfahren, mit dem Positionen auf der Erdoberfläche oder im Luftraum aus Entfernungsbestimmungen ermittelt werden. Die Entfernungen vom Empfänger zu den Satelliten werden durch Laufzeitmessungen festgestellt. Das Verfahren beruht auf kontinuierlicher und präziser Kenntnis (und Vorhersage) der Positionen der Satelliten und einer einheitlichen, präzisen Zeitreferenz. Dazu senden (im Normalfall) 24 Satelliten kontinuierlich ihre Identität, hochgenaue Zeitmarken (Atomuhren), ihre stets genauen Navigationsdaten (Bahndaten) zur Sendezeit, ein reproduzierbares Datenmuster (Pseudo-Zufalls-Code; für die Schifffahrt: C/A-Code) zur eigentlichen Laufzeitmessung und einen Almanach aller Satelliten. Im Empfänger werden aus den berechneten Satellitenpositionen, der Sendezeit, der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale (etwa: c = 300 000 km/s im Vakuum) und den gemessenen Eintreffzeiten der Signale die Laufzeiten berechnet und damit die Entfernungen zu den Satelliten bestimmt. Da die Quarzuhr im GPS-Bordempfänger relativ ungenau und mit einem unbekannten Uhrenfehler gegenüber der GPS-Systemzeit behaftet ist, spricht man präziser von „Pseudo-Laufzeitmessung“ und „Pseudo-Entfernungsmessung“. Da im Normalfall vier Unbekannte (die Koordianten x, y, z und die Zeitkorrektur Δt_u des Empfängers)

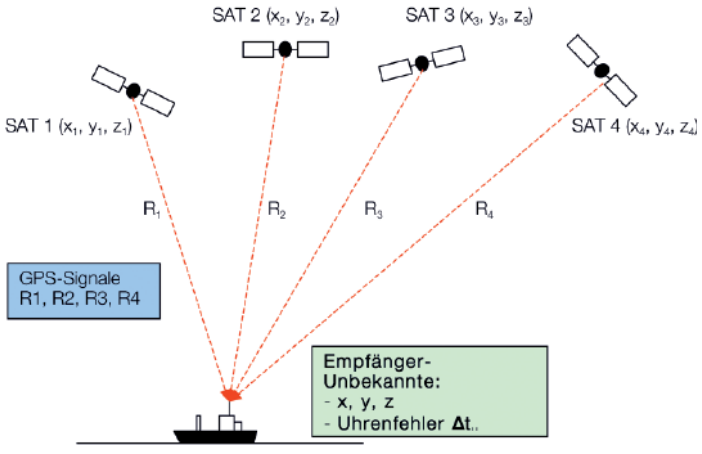


Abb. 3.1.1: Prinzip der Ortsbestimmung beim GPS-Verfahren

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

zu bestimmen sind, benötigt man in der Praxis für eine dreidimensionale Positionsbestimmung die Signale von vier (!) Satelliten gleichzeitig. In Abb. 3.1.1 ist eine solche Konstellation dargestellt.

Der rechnerische Ansatz ist im Prinzip einfach [3.1.1]. Nach dem Satz des dreidimensionalen Pythagoras gelten für die vier zu bestimmenden Unbekannten x, y, z und Δt_u die vier Gleichungen für die Entfernungsmessungen zu vier Satelliten

$$\begin{aligned}(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 &= (R_1 - \Delta t_u \cdot c)^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 &= (R_2 - \Delta t_u \cdot c)^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 &= (R_3 - \Delta t_u \cdot c)^2 \\ (x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2 &= (R_4 - \Delta t_u \cdot c)^2.\end{aligned} \qquad (3.1.1)$$

Dabei sind die vier Satellitenpositionen (x_i, y_i, z_i) und Entfernungen Ri sowie die Signalausbreitungsgeschwindigkeit c bekannt und die Empfängerposition (x, y, z) sowie der Zeitfehler Δt_u unbekannt. Aus den kartesischen Koordinaten x, y, z des Empfängers können leicht die geografischen Koordinaten Breite φ, Länge λ und Höhe h berechnet werden. Als Standflächen kann man sich virtuelle Kugeloberflächen mit den Satelliten im Mittelpunkt vorstellen. Da im Normalfall von den 24 verfügbaren Satelliten weltweit und jederzeit 8 bis 10 über dem Horizont zur Nutzung zur Verfügung stehen, ist GPS im Normalfall weltweit und jederzeit verfügbar. Für eine zweidimensionale Ortsbestimmung – bei genau bekannter Höhe – sind im Prinzip nur drei Satelliten notwendig. Die wesentlichen GPS-Eigenschaften sind in Tabelle 3.1.1 wiedergegeben, die wesentlichen Daten der Satelliten in Tabelle 3.1.2.

Offizieller Systemname	NAVSTAR GPS – **NAV**igation **S**ystem with **T**iming **A**nd **R**anging – **G**lobal **P**ositioning **S**ystem
Verbesserung und Überwachung	DGPS (Differential GPS)
Bedeckung/Reichweite	– GPS: weltweit – DGPS: regional bis etwa 150 – 300 sm
Zeitliche Verfügbarkeit	Jederzeit
Genauigkeit in der Schifffahrt	– Ohne DGPS-Korrekturen : 5 – 15 m (95 %) – Mit DGPS-Korrekturen : 3 – 10 m (95 %) – Mit Selective Availability : 100 m (95 %)
Aufdatierung der Position	Quasi-kontinuierlich: mindestens 1 mal pro Sekunde
Bezugssystem für die Position	WGS-84 (Transformation in andere Systeme möglich)
Dimensionen	– Normalfall: 3D – Sonderfall: 2D (Antennenhöhe muss genau bekannt sein)
GPS-Signale für private Nutzer	Standard Positioning Service (SPS) mit C/A-Code
Eignung der momentanen Satellitenkonstellation	HDOP („Horizontal Dilution of Precision“) Normalfall: HDOP = 1 bis 2
Systemzugriff für Nutzer	SA (*Selective Availability*; s. 2.3.3): Vorbehalt der absichtlichen Genauigkeitsverschlechterung
Verantwortlicher Betreiber	US: Departm. of Defense (DOD), nicht Departm. of Transport

Tabelle 3.1.1: Wesentliche Eigenschaften und Betriebsdaten von GPS

(2) Differenzial-GPS (DGPS)

Zur Verbesserung der Ortungsgenauigkeit – und gleichzeitig zur Überwachung der GPS-Integrität – steht der Differenzial-GPS-Dienst (DGPS) zur Verfügung. Dabei werden auf einer Referenzstation (Monitorstation), deren geodätische Position (φ, λ, Höhe) exakt bekannt ist, GPS-Signale empfangen, mit den exakten, berechneten Werten der Satellitenentfernungen für

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Satelliten und Signale	Elemente/Eigenschaften
Anzahl Höhe Geschwindigkeit Umlaufzeit Inklination Anzahl über dem Horizont Für die Ortung benutzt Technik	24 20 183 km 13 943 km/h 12 Stunden (exakt: 11-57-58,3 h) 55 ° 8 bis 10 Normalfall: min 4; max alle Atomuhren; Code-Generator; Phasenmodulation; Solarzellen
Band Trägersignalfrequenz Code Sequenzlänge Codefrequenz	L1-Band 1575,42 MHz (λ = 19 cm) C/A-Code 1023 Bit (1 ms) 1,023 Mbps (1 Bit = 300 m)

Tabelle 3.1.2: Satelliteneigenschaften und Satellitensignale bei GPS

die Station verglichen und dadurch einige der Fehlereinflüsse auf die GPS-Laufzeitmessung ermittelt und eliminiert. Die Differenzen werden dann als DGPS-Korrekturwerte über Funk (für die Handelsschifffahrt mit den Frequenzen der ehemaligen Seefunkfeuer von 285 bis 315 kHz) an alle Schiffe in der Umgebung der Referenzstation übertragen. In den Bordempfängern werden die Korrekturwerte an die gemessenen Satellitenentfernungen angebracht und damit die Positionsgenauigkeit verbessert. Abb. 3.1.2 zeigt das Prinzip.

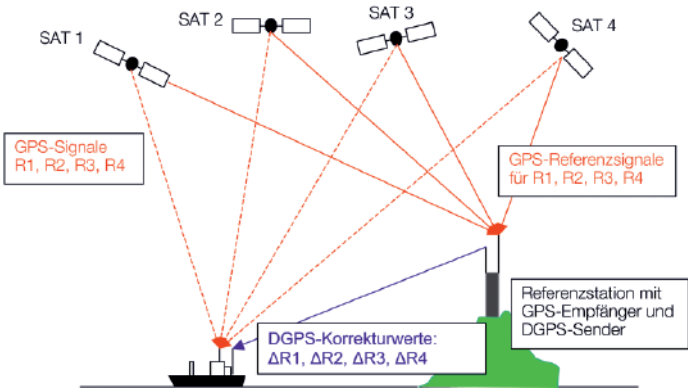


Abb. 3.1.2: DGPS-Prinzip zur regionalen Verbesserung der Genauigkeit und Systemüberwachung

Mit DGPS können die Fehlereinflüsse, die die Satelliten, die Ausbreitungswege der Signale und die absichtliche Verschlechterung der Genauigkeit (*Selective Availability*) betreffen, zum großen Teil korrigiert werden. Die bordspezifischen Fehlereinflüsse (Kap. 3.1.3) können mit DGPS nicht verbessert werden. Im Prinzip könnte man die in der Referenzstation ermittelten Koordinatenverschiebungen $\Delta\varphi$ und $\Delta\lambda$ an die Schiffe übertragen. Da jedoch – insbesondere bei zunehmendem Abstand des Schiffes von der Referenzstation – Schiff und Referenzstation verschiedene Satelliten benutzen könnten, werden statt der Koordinatenverschiebung Korrekturwerte Δt für die gemessenen Laufzeiten übertragen. Der bordseitige GPS/DGPS-Empfänger nimmt dann die Zuordnung der Satelliten und die Positionsberichtigung vor.

Für DGPS-Dienste sind bzw. werden weltweit Referenzstationen (IALA Beacon System) eingerichtet. Für die deutschen Fahrtgebiete gibt es die Stationen Groß Mohrdorf für die westli-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

che Ostsee, Helgoland für die Deutsche Bucht und die angrenzenden Schifffahrtsstraßen sowie Zeven zur doppelten Abdeckung der Hafenzufahrten nach Hamburg und Bremen/Bremerhaven. Die wirksame Bedeckung reicht im Allgemeinen bis zu etwa 150 sm von der Station, in den USA sogar bis etwa 350 sm. Die erzielbare Genauigkeit hängt dabei wesentlich vom Abstand des Schiffes von der Referenzstation ab und kann in der Nähe je nach Qualität des Empfängers etwa 3 bis 5 m erreichen. In großem Abstand gilt dann wieder die normale GPS-Genauigkeit. Von Bedeutung ist das Alter der Korrekturwerte. Weltweit werden etwa 200 Referenzstationen nach dem IALA-Standard eingerichtet, in Europa etwa 50. Die Verfügbarkeit beträgt mindestens 99,8 %. Für andere Anwendungen (militärische Nutzung, Baggern, Container-Lokalisierung, Baumaßnamen u. a.) stehen zahlreiche andere – öffentliche und private – GPS-Differenzial-Dienste mit anderen Techniken zur Verfügung. Mit diesen wird eine deutlich höhere Genauigkeit im m-Bereich und sogar im cm-Bereich erreicht (Stichworte: Weitbereichs-DGPS wie SBAS, EGNOS, WAAS; SAPOS; Echtzeit-Positionierungs-Service EPS; Real-Time Kinematics).

3.1.2 GPS – Empfänger und Empfängerbedienung

GPS-Bordanlagen enthalten die GPS-Antenne, den Empfänger, den Prozessor, die Anzeige- und Bedieneinheit sowie mindestens einen Datenausgang für den Anschluss an andere Navigationsgeräte wie z. B. ECDIS und Radar. Die Antenne sollte so aufgestellt sein, dass GPS-Signale nicht abgeschattet werden können. In Abb. 3.1.3 ist ein typischer GPS-Empfänger dargestellt.

Abb. 3.1.3: GPS-Empfänger mit Anzeige von Navigations- und Statusdaten **Quelle: SAAB**

(1) Funktionsablauf

Der Empfänger hat die Aufgabe, die verschiedenen Satellitensignale (gleichzeitig) zu empfangen, auszuwerten und daraus die Laufzeiten und die Position zu ermitteln [3.1.2]. Da GPS-Signale sehr schwach, kompliziert codiert und moduliert und da die Empfangsfrequenzen nicht konstant sind, sondern den Effekten der Relativitätstheorie und der Doppler-Verschiebung unterliegen, ist der Verarbeitungsaufwand beträchtlich. Bei einer Positionsbestimmung im Empfänger werden typischerweise folgende Phasen durchlaufen:

- **Initialisierung:** Moderne Empfänger sind selbständig in der Lage zu starten. Bei älteren Empfängern musste die Empfängerkonstellation teilweise eingestellt werden;
- **Tracken:** Aufspüren (Akquirieren) und Verfolgen (Tracken) der Satellitensignale, d. h. u. a. Identifizieren der Trägerfrequenz, Akquirieren des C/A-Codes und Tracken des C/A-Signals;

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- **Messung:** Signalauswertung für mindestens vier Satelliten, d. h. jeweils Extraktion der Navigationsdaten des Satelliten, und Messen der Pseudo-Laufzeit durch Korrelationstechniken;
- **Berechnung:** Berechnung der Schiffsposition, Filterung (z. B. Kalman-Filter) der Daten, Auswahl der günstigsten Satelliten durch ein selbstprüfendes Verfahren (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*; RAIM) und Berechnung von Kurs und Fahrt über Grund (COG und SOG);
- **Display:** Anzeige der Navigationsdaten des Schiffes (Position und daraus abgeleitete Werte), Statusanzeigen für eingestellte Parameter und Gütekriterien (HDOP, RAIM);
- **Ausgabe:** Weitergabe von Empfängerposition sowie COG, SOG, Datum und Zeit – einschließlich eines *Quality indicator* für einwandfreie Funktion – an mindestens eine Schnittstelle für andere Navigationsgeräte.

(2) Konfiguration und Parametereingabe

Konfiguration und Parametereingabe sind bei modernen GPS-Empfängern nicht mehr nötig, bei manchen Geräten auch nicht mehr möglich. Auch nach einem Kaltstart nach wochenlangen stromlosen Phasen können nach 1 bis 2 Minuten gültige Positionen bestimmt werden. Die Auto-Konfigurierung erfüllt im Allgemeinen alle Parametrierungen ohne Nutzereingriff. Da sich nur ein sehr kleiner Teil der wichtigen Almanachdaten ändert, wird beim Kaltstart auf „alte" Daten zurückgegriffen, die fest in die Software integriert sind. Das „Download" der komplexen Almanachdaten dauert etwa 15 Minuten.

Ältere Geräte müssen nach dem Einschalten oder bei Bedarf durch GPS-typische Bedienschritte konfiguriert werden. Da einige Parameter (z. B. das Kartenbezugssystem (*Chart datum*)) die Genauigkeit der Position sehr stark beeinflussen und Fehleinstellungen unbedingt vermieden werden müssen, sollten sie bei Wachwechsel, Seekartenwechsel u. a. überprüft werden. Zu den Konfigurationseinstellungen (Parametrierung) gehören im Wesentlichen

- die ungefähre Position, um ggf. die Initialisierungsphase abzukürzen,
- die Auswahl des Kartenbezugssystems (WGS-84, ED50, …) der benutzten Seekarte,
- die Entscheidung über zwei- oder dreidimensionale Ortsbestimmung,
- die genaue Antennenhöhe (nur bei zweidimensionaler Positionsbestimmung),
- die Art der Satellitenauswahl (*All in view, Best 4, Exclude worst* o. a.),
- der maximale HDOP für die Akzeptanz der GPS-Ortsbestimmung (z. B. 3),
- die minimale Höhe (Elevation) der zu nutzenden Satelliten (z. B. 10 °),
- die Filterfaktoren in Abhängigkeit von der Schiffsdynamik (z. B. *Slow, Medium, Fast*),
- die Maskierung unerwünschter (als fehlerhaft gemeldeter) Satelliten,
- ein OFFSET zur Verschiebung der GPS-Position (nur bei Kenntnis der Ursache!),
- Zeitgrenzen (Alter) für die DGPS-Korrektursignale,
- manuelle oder automatische Auswahl von DGPS-Referenzstationen,
- diverse Daten zur Wegpunkteingabe und geplanten Bahn: Koordinaten, Wegpunktalarm, Querablagealarm, Drehkreisradien u. v. a.

(3) Informationsabfrage und Anzeige

Für die Anzeige der gewünschten Navigations- und Status-Informationen sowie von Datum und Zeit stehen mehrere Funktionsaufrufe und Informationsmasken zur Verfügung, z. B.

- Navigationsdaten des Schiffes: Seekartendatum, Position, Kurs und Fahrt über Grund,
- Gütekriterien: HDOP, erfolgreiche Anwendung der DGPS-Korrektursignale, RAIM-Status,
- Satelliten-Status: Anzahl, Signalqualität, Höhe, Azimut der sichtbaren, der getrackten und der genutzten Satelliten,
- Empfänger-Status: Einstellung von Filter und Alarmen, Qualität des Trackvorgangs,
- Track-Status: Anzeige der Frequenz- und Code-Verfügbarkeit (z. B. Symbole „F" bzw. „C"),

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Daten zur Wegpunktnavigation: Bahnabweichung, Distanz zum nächsten Wegpunkt u. v. a.

(4) IMO Leistungsanforderungen an GPS-Empfänger

Die Mindestleistungsnormen für GPS-Bordgeräte in der Berufsschifffahrt sind durch die IMO geregelt [3.1.3]. Danach gilt für alle zugelassenen GPS-Bordempfänger: Die Geräte können die Signale des Standard Positioning Service (SPS; C/A-Code; L1-Band) gemäß *Selective Availability* (SA)-Modifizierung empfangen und DGPS-Korrektursignale verarbeiten. Sie können in der Regel (müssen aber nicht) die WGS-84-basierten Daten in das Bezugssystem der benutzten Seekarte umrechnen, wobei das gewählte Bezugssystem stets angegeben wird. Die wesentlichen Anforderungen sind in Tabelle 3.1.3 wiedergegeben. In der Regel ist das Verhalten baumustergeprüfter Bordanlagen weit besser als die Mindestanforderungen der IMO, insbesondere die Genauigkeit und die Zeit bis zur ersten Positionsbestimmung nach dem Einschalten.

Kriterium/Funktion	Mindestleistung nach IMO
Positionsanzeige (Breite, Länge)	Grad und Minuten (mit tausendstel Minuten)
Aufdatierung von Anzeige und Ausgabe	Mindestens einmal pro Sekunde
Statische und dynamische Genauigkeit (95 %) bei HDOP = 4	100 m (ohne DGPS-Korrektur) 10 m (wenn DGPS-Empfänger vorhanden)
Erste Positionsangabe nach dem Einschalten	30 min (ohne Almanach-Daten; Kaltstart) 5 min (Almanach-Daten bekannt; Warmstart)
Positionsangabe nach einer Störung	5 min nach Signalausfall von 24 h 2 min nach Stromausfall von 60 s
GPS-Genauigkeits (95 %)- und Statusanzeigen	Genauigkeit wahrscheinlich schlechter als 100 m 5 s nach Überschreitung des eingestellten HDOP 5 s nach 1 s-Ausfall der Positionsermittlung
DGPS-Genauigkeits (95 %)- und Statusanzeigen	Empfang von DGPS-Korrektursignalen Anwendung von DGPS-Korrekturwerten Genauigkeit wahrscheinlich schlechter als 10 m
Alarme	Keine Positionsbestimmung möglich Keine gesicherte Integrität
Ausgabe von Position, SOG und COG mit *Quality indicator* an andere Navigationsgeräte	Mindestens ein Ausgang

Tabelle 3.1.3: IMO-Mindest-Leistungsanforderungen an GPS-Bordempfänger [3.1.3]

3.1.3 GPS – Genauigkeit, Grenzen und Fehler

In der Satellitennavigation treten sowohl systematische Fehler (z. B. ein fehlerhaftes Kartendatum, Nicht-Berücksichtigung des Antennenstandortes, falsch eingegebene Antennenhöhe) als auch zeit- und ortsabhängige Fehler auf, die einem gewissen Streuverhalten unterliegen.

(1) Genauigkeit und statistische Unsicherheit

In Abb. 3.1.4 sind an einem festen Ort beispielhaft sekündliche Messwerte über 24 Stunden an zwei verschiedenen Tagen aufgezeichnet, an denen man Schwerpunkte und Ausreißer erkennt. Einer dieser Tage (22.10.1999) liegt vor, der andere (24.5.2000) nach dem Tag, an dem die USA durch Abschalten der künstlichen Verschlechterung (SA) zivilen Nutzern die GPS-Ortsbestimmungen mit besserer Genauigkeit ermöglicht haben (1.5.2000). Wegen des Streuverhaltens

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

gehorchen Genauigkeitsangaben zur Positionsbestimmung den Gesetzen der Statistik. Man betrachtet daher die ermittelte Position nicht als Punkt, sondern berücksichtigt einen Positionsfehler praktischerweise als „Fehlerkreis“ (präziser „Fehlerellipse“) (Radius r; „CEP“; *Circular error probability*). Im Beispiel (Abb. 3.1.4) betragen die jeweiligen Fehlerkreisradien r = 69,3 m und r = 11,8 m. Zur vollständigen Genauigkeitsangabe gehört nicht nur der Fehlerkreisradius r, sondern auch die Wahrscheinlichkeit (in %), mit der sich das Schiff in diesem Fehlerkreis befindet. Eine Genauigkeitsangabe von lediglich „10 m“ oder „100 m“ ist unvollständig.

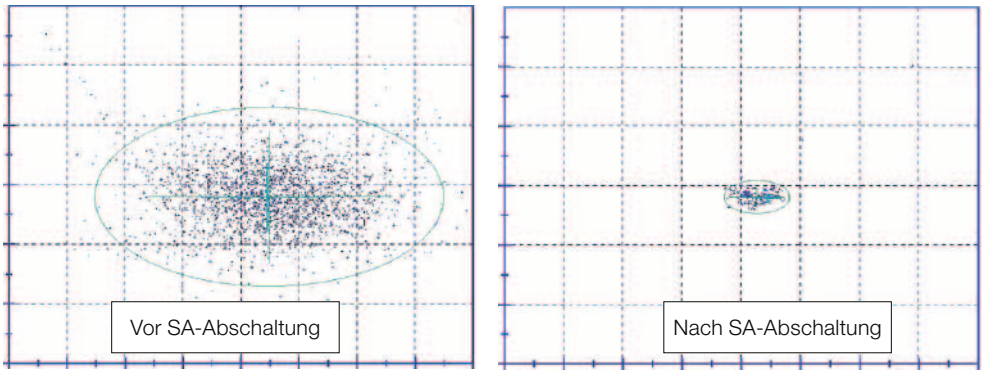


Abb. 3.1.4: Streuverhalten von GPS-Positionen an einem festen Ort (BSH; 24 h; Intervall 1 s)

In der Praxis wird der Fehlerkreisradius so gewählt, dass er einer 95-%igen Wahrscheinlichkeit entspricht. Die Genauigkeitsangabe „18 m (95 %)“ bedeutet vollständig: Die wahre Schiffsposition befindet sich mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 % in einem Fehlerkreis mit dem Radius r = 18 m um den angezeigten (d. h. gemessenen) Ort. Im Umkehrschluss gilt: Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das Schiff sich außerhalb des Fehlerkreises befindet, beträgt immerhin noch 5 %, d. h. im Durchschnitt ist bei einer von zwanzig Ortsbestimmungen der Fehler größer als 18 m. Je größer der Fehlerkreis gewählt wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Schiff in ihm befindet. Für die Praxis kann man bei einem doppelten Fehlerkreisradius (hier r = 36 m) eine Wahrscheinlichkeit von 99 %, beim dreifachen (hier 54 m) eine solche von 99,7 % annehmen (Abb. 3.1.5). Ein anderes Genauigkeitsmaß ist der „mittlere Punktfehler“ (drms; *distance root mean square*). Dem 95 %-Fehlerkreisradius entspricht je nach Situation eine 2drms-Wahrscheinlichkeit von 93–98 %.

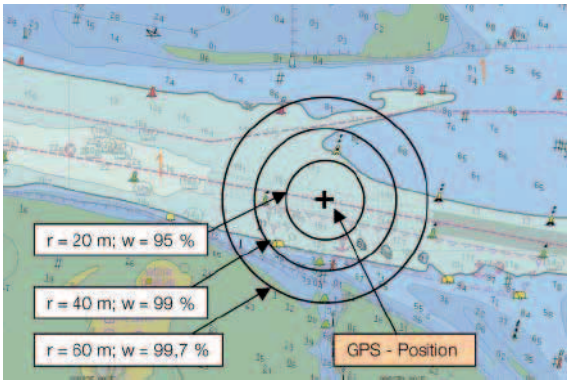


Abb. 3.1.5: Fehlerkreisradius (r), Aufenthaltswahrscheinlichkeit (w) und Restrisiko: das Schiff kann sich auch außerhalb des Fehlerkreises befinden

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Positionsgenauigkeit

In der Schifffahrt wird die GPS-Positionsgenauigkeit praktischerweise durch die Genauigkeit der einzelnen Entfernungsmessungen und einen Faktor für die geometrische Konstellation der zur Verfügung stehenden Satelliten bestimmt. Es gilt:

$$\text{Positionsgenauigkeit} = \text{Entfernungsmessgenauigkeit} \cdot \text{HDOP} \qquad (3.1.2)$$

Genauigkeit der Entfernungsmessung: GPS-Messfehler resultieren aus Satellitendaten, Einflüssen auf den Signalwegen und Eigenschaften des Empfängers. Tabelle 3.1.4 zeigt ein typisches, sich ständig änderndes Fehler-Budget für eine GPS-Entfernungsmessung im Standard Positioning Service. Der resultierende statistische Gesamtfehler von 7,2 m wird berechnet mit der Quadratwurzel aus der Summe der einzelnen Fehlerquadrate und ist naturgemäß geringer als die Summe der Einzelfehler, da alle Fehler unabhängig voneinander sind und sich nicht in einer Richtung aufaddieren.

Fehlerursache	Fehlerbetrag
Ungenauigkeit der Satellitenuhr (in m umgerechnet)	2 m
Ungenauigkeit der Satellitenposition (Ephemeriden)	3 m
Refraktion in Ionosphäre	4 m
Refraktion in Troposphäre	3 m
Mehrweg-Empfang an der Antenne	3 m
Auflösungsvermögen im Empfänger	2 m
Ungenauigkeit und Rauschen des Empfängers	1 m
Wahrscheinlichster Gesamtfehler der Entfernungsmessung	**7,2 m**

Tabelle 3.1.4: Typisches (veränderliches) Fehler-Budget einer GPS-Entfernungsmessung (95 %)

HDOP: Die bei der Ortsbestimmung vorliegende Konstellation der Satelliten spielt eine wesentliche Rolle für die Positionsgenauigkeit. Wie in der terrestrischen und astronomischen Navigation führen „gute Schnittwinkel" auch bei GPS zu einer kleineren Fehlerfigur. Als Maß für die Konstellation der Satelliten dienen bei GPS die *Positional Dilution of Precision* (PDOP) für die dreidimensionale Position und die *Horizontal Dilution of Precision* (HDOP) für die zweidimensionale Position. Beide drücken aus, um wie viel die Genauigkeit der Entfernungsmessung nach Tabelle 3.1.4 durch eine nicht ideale Satellitenkonstellation verschlechtert wird. Der HDOP sollte möglichst klein sein (Idealfall HDOP = 1). Hohe HDOP-Werte bewirken, dass auch kleine Messfehler zu großen Positionsfehlern führen können. Dabei

- schwanken die HDOP-Werte je nach Satellitenkonstellation etwa zwischen 1 und 3,
- wird der aktuelle HDOP als Gütekriterium vom Empfänger angezeigt,
- wird für einen einstellbaren oberen Grenzwert, z. B. 3, ein HDOP-Alarm ausgelöst, der auf eine Verschlechterung der GPS-Position aufmerksam macht und die Position mit einer entsprechenden Qualitätsmarke versieht.

Beispielrechnung: Bei dem in Tabelle 3.1.4 angegebenen Wert für die momentane Genauigkeit der Laufzeitmessung und einem (guten) HDOP von 1,2 ergibt sich eine Positionsgenauigkeit von 7,2 m · 1,2 = 8,6 m (95 %). Verschlechtert sich der HDOP im Laufe der Zeit oder durch Einflüsse wie Abschattung oder Satellitenausfall auf z. B. 1,8, so verschlechtert sich die Genauigkeit auf 12,8 m (95 %). Aus dem beispielhaften Fehler-Budget ist auch Folgendes leicht zu entnehmen: DGPS-Korrekturen machen die Fehler der Satellitenposition, der Satellitenzeit und der Refraktion weitgehend unwirksam. Dadurch werden eine Messgenauigkeit von 3,8 m

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

statt 7,2 m und eine Positionsgenauigkeit von 4,5 m statt 8,6 m erreicht. Wenn die Empfänger eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen Mehrweg-Empfang haben, kann die Genauigkeit noch weiter verbessert werden.

Neuere Entwicklung: Durch die gleichzeitige Verwendung von bis zu 24 Satelliten und internes *Integrity monitoring* (RAIM) kann die Positionsgenauigkeit auf etwa 5 m ohne und auf 2 bis 3 m mit DGPS-Korrekturen (jeweils 95 %) verbessert werden. Der HDOP kann dann Werte unter 1 annehmen.

Selective Availability: Bei der *Selective Availability* wird zur absichtlichen Verschlechterung der Genauigkeit ein zufälliger Fehler an den Daten der Satellitenuhr angebracht, was z. B. die Entfernungsmessung mit einem Fehler von etwa 70 m versieht, so dass – ohne DGPS-Korrekturen – eine Messgenauigkeit von etwas mehr als 70 m und bei einem HDOP von 1,4 eine Positionsungenauigkeit von etwa 100 m (95 %) erzielt wird.

(3) GPS und das Bezugssystem von Seekarten *(Chart datum)*

Die GPS-Position muss in der benutzten Seekarte (Elektronische Seekarte oder Papierseekarte) an der „richtigen" Position (in der realen Topografie des Schiffes) angezeigt werden. Dazu müssen nicht nur die numerischen Koordinatenwerte für Breite und Länge von Seekarte und GPS-Position übereinstimmen, sondern auch das zugrunde liegende geodätische Bezugssystem (Engl.: datum). Die Erde ist ein unregelmäßiger Körper („Geoid"). Ihre horizontale Abbildung mit numerischen Koordinaten muss auf einem regelmäßigen Körper erfolgen, der der Erdform möglichst nahe kommt. Das führt zu folgendem Problem: Bei der traditionellen Herstellung von Seekarten verwendet man etwa 170 verschiedene regionale Bezugssysteme, mit denen die dargestellten Seegebiete möglichst genau abgebildet werden, aber eben nur diese und nicht die gesamte Erde. Beispiele: Europäisches Datum „ED 50", britisches Datum „OSGB 1936", „North American Datum (NAD83)", „Tokyo Datum". Diese Systeme weichen erheblich voneinander ab. Dem globalen GPS liegt dagegen ein globales Bezugssystem zugrunde: das *„World Geodetic System 1984"* (WGS-84). Mit diesem Referenzellipsoid wird eine weltweit optimale Anpassung an die reale Form der Erde erreicht. Für die unterschiedlichen Seegebiete werden dabei größere Abweichungen in Kauf genommen. Die Positionsdifferenzen zwischen WGS-84 und den traditionellen Bezugssystemen liegen im Allgemeinen zwischen 0,1' und 1' (etwa zwischen 20 und 200 m), im Englischen Kanal bei etwa 140 m zu ED 50, in der Tokyo Bay sogar 700 m zum Tokyo Datum. Wegen der Größe dieses Effektes – diese Fehlerquelle ist weit größer als die oben beschriebene GPS-Ungenauigkeit von z. B. 8,6 m (95 %) – müssen die Bezugssysteme von GPS und Seekarten unbedingt angepasst werden. Dazu werden folgende Wege beschritten:

- **Transformation im GPS-Empfänger:** Der Benutzer gibt das Bezugssystem seiner Seekarte in den GPS-Empfänger ein (z. B. Menü: „Datum"). Der Empfänger transformiert die WGS-84-Koordinaten in das Seekarten-Bezugssystem und zeigt die seekartengerechten Werte zusammen mit dem gewählten Bezugssystem an.
- **Transformation in der Seekarte:** Die Seekarten enthalten Korrekturvermerke für den Wachoffizier: „Durch Satellitennavigation erhaltene Positionen im WGS-84 sind um 0,xx Minuten nordwärts/südwärts und 0,xx Minuten ostwärts/westwärts zu verschieben, um mit dieser Karte übereinzustimmen." oder „Korrekturwerte für durch Satellitennavigation erhaltene Positionen im WGS-84 können für diese Karte nicht genannt werden. Es sollte aber nicht angenommen werden, dass sie unbedeutend sind."
- **Änderungen bei Seekarten:** Offizielle Vektorkarten (ENCs) basieren auf dem Bezugssystem WGS-84 (vgl. Kap. 4.1.3). Offizielle Rasterkarten (RNCs) tragen als Meta-Daten die in der ECDIS vorzunehmenden Transformationen nach WGS-84 mit sich. Bei privaten digita-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

len Kartendaten ist Vorsicht geboten. Der Nutzer muss stets sicherstellen, dass die Positionskoordinaten aus dem GPS-Empfänger im ursprünglichen WGS-84-Format sind und nicht in ein anderes Format geändert wurden. Papierseekarten sind bereits bzw. werden zunehmend auf WGS-84 umgestellt.

(4) Weitere systematische GPS-Fehlereinflüsse und mögliche Abhilfen

Im störungsfreien Normalbetrieb von GPS müssen die folgenden Fehler und ihre Ursachen berücksichtigt werden:

- **Mehrweg-Empfang:** GPS-Strahlen werden an Metallteilen des Schiffes und an Land reflektiert, gelangen dann auf längerem Wege zur Antenne und verursachen einen Positionsfehler – insbesondere unter Containerbrücken und bei nahe passierenden Schiffen: So wird ein an der Pier liegendes Schiff z. B. 30 m weit auf dem Ufer angezeigt. Geeignete Gegenmaßnahmen können nur bei der Installation der GPS-Antenne getroffen werden (Aufstellungsort; Schutzplatte). In keinem Falle darf der vermeintlich beobachtete Fehler als OFFSET in das GPS-Gerät eingegeben werden, da der Effekt nach dem Verlassen des Liegeplatzes entfällt und damit die Anzeige um den eingestellten Wert zusätzlich verfälscht ist.
- **Antennenhöhe:** Bei der zweidimensionalen Ortsbestimmung muss die Antennenhöhe eingegeben werden, und zwar als Wert über WGS-84 an der Schiffsposition, wobei die ungefähre Geoid-Höhe (im Englischen Kanal etwa 50 m) im GPS-Empfänger bekannt ist. Ist der eingegebene Wert inkorrekt, wird dieser Fehler auf die horizontale Position abgewälzt. Die zweidimensionale Ortsbestimmung ist nur sinnvoll, wenn die Antennenhöhe über WGS-84 sehr genau bekannt und die Anzahl der verfügbaren Satelliten merklich reduziert ist. Im Allgemeinen ist die dreidimensionale Ortsbestimmung vorzuziehen, um auch von Tiefgangsänderung und Gezeitenhöhe unabhängig zu sein.
- **Schiffsseitige Antennenposition und Bezugssystem:** Für die Verwendung der GPS-Position in ECDIS, Radar, INS u. a. ist die Antennenposition auf ein einheitliches schiffsinternes Bezugssystem (*Consistent Common Reference System*; CCRS) umzurechnen. Dies ist in der Regel die Position des Fahrstandes (*Conning Station*) auf der Brücke. Die Umrechnung geschieht im Normalfall bei der Installation. Bei Navigationsgeräten, die wie GPS-Empfänger und ECDIS die OFFSET-Funktion anbieten, muss sichergestellt sein, dass das OFFSET der Antennenposition nicht noch einmal eingegeben wird.
- **Aktualität der GPS-Werte:** Um das statistische Streuen der angezeigten Positions-, SOG- und COG-Werte zu vermeiden, werden die GPS-Rohdaten gefiltert, d. h. geglättet und von „Ausreißern“ befreit. Da dieser Vorgang eine gewisse Zeit benötigt, sind die angezeigten Werte geringfügig „verspätet“. Der Grad der Filterung kann vom Nautiker in gewissen Grenzen eingestellt werden. Bei einer hohen Schiffsdynamik sollte eine schwache Filterung (Fast) gewählt werden, bei einer geringen Schiffsdynamik sollte die Filterung stärker sein (Slow).
- **Satellitenauswahl:** Der Benutzer kann die Satellitenauswahl beeinflussen, z. B. weniger geeignete Satelliten (schwache Signale, geringe Elevation, hoher HDOP) ausschließen. Dieses sollte er aber im Normalfall nicht tun, da eine Fehlbedienung schwerwiegende fortgeführte Fehler verursachen kann. Die automatisierten Funktionen der Fehlererkennung (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*/RAIM) sind sehr ausgereift und in der Regel besser als Benutzerwissen.
- **Begrenzte Gültigkeit der DGPS-Korrekturen:** Der Genauigkeitsgewinn durch DGPS-Korrekturen wird geringer, wenn die Entfernung des Schiffes zur Referenzstation oder auch das Alter der Korrekturdaten zunehmen. Im letzteren Fall kann der Nutzer am GPS-Gerät ggf. das tolerierte „Alter der DGPS-Korrekturen“ verändern.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– **Begrenzte Genauigkeit der Seekarte:** Ungereimtheiten zwischen GPS-Position und Seekarte können möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die – lange zurückliegende – Seekartenvermessung ungenauer ist als die GPS-Position (10 bis 20 m/95 %).

(5) Störungen des GPS-Normalbetriebs

Zahlreiche zufällige und gezielte Störungen des GPS-Normalbetriebs an Bord werden berichtet. Sie sind zum Teil systematisch untersucht und dokumentiert [3.1.4]. Mit solchen Störungen muss jederzeit gerechnet werden.

– **Zufällige Störungen:** Beispiele sind z. B. verstärkte Sonnenaktivitäten, die ortsabhängig und deren Verlauf, Dauer und Auswirkungen nicht vorhersagbar sind.
– **Störung durch Funkinterferenzen:** Die GPS-Signale des L1-Bandes verwenden eine Trägerfrequenz von f = 1575,42 MHz, die zugehörige Wellenlänge beträgt λ = 19 cm. Insbesondere im Resonanzfall können Fremdstrahler den GPS-Empfang stören oder gar unmöglich machen. Beispiele: Beabsichtigte Störstrahlung auf der GPS-Frequenz konnten GPS-Bordgeräte auf 30 sm hin unbrauchbar machen. Die Oberwellen (Vielfache der UKW-Frequenz) von UKW-Geräten können den GPS-Empfang beeinträchtigen. Beim Senden der INMARSAT-Anlage (f = 1625,5 bis 1645 MHz; λ = 18 cm) sind Störungen festgestellt worden, wenn die GPS-Antenne im Bereich der SATCOM-Antenne liegt (BSH). Gleiches gilt möglicherweise auch für Schiffsradaranlagen. Berichtet wird von Störungen durch Flughafenradar.
– **Unerwünschter Signalausfall durch Abschattungen:** Neben dem möglichen technischen Ausfall einzelner Satelliten können situationsbedingt Abschattungen durch Böschungen, Brücken und Gebäude, durch eigene Schiffsaufbauten während einer Kursänderung sowie durch nahe passierende Schiffe auftreten und zu einer merklichen Verschlechterung der Positionsbestimmung führen – meist verbunden mit einem plötzlichen Sprung der Position.
– **Absichtliche Störung durch Manipulation der GPS-Signale:** Die – im Mai 2000 abgeschaltete – *Selective Availability* (SA) erlaubt nur bestimmten Nutzern die vollwertige Qualität von GPS. Im Krisenfall muss man damit rechnen, dass für die zivile Schifffahrt die Genauigkeit von 5 bis 15 m (95 %) auf 100 m (95 %) verschlechtert wird. Gelegentlich werden auch Wartungsarbeiten und militärisch bedingte Versuche an GPS durchgeführt, wodurch für einen bestimmten Zeitraum in einem bestimmten Seegebiet GPS nicht einwandfrei arbeitet. Derartige Versuche werden im Allgemeinen im Voraus angekündigt (z. B. NfS). Auch ungeplante Ereignisse werden möglichst schnell nach ihrem Auftreten veröffentlicht.

GPS – Resümee

Im ungestörten Fall, d. h. bei optimaler Einstellung des Empfangsgerätes, bei korrekter Anwendung des Bezugssystems WGS-84 und ohne absichtliche Verschlechterung der Systemgenauigkeit, kann für die zivile Schifffahrt beim GPS-Verfahren mit einer Genauigkeit von 10 m (in günstigen Fällen von 5 m) ohne DGPS-Korrektur und von 3 bis 6 m (in günstigen Fällen von 2 bis 3 m) mit DGPS-Korrektur gerechnet werden. Aufgrund der statistischen Behandlung besteht jedoch immer ein Restrisiko von 5 % (also für jeden 20. Fall), dass die aktuelle Genauigkeit schlechter ist als der „offiziell" geltende Wert. Zudem gibt es zahlreiche systematische Fehlereinflüsse, deren Auftreten an Bord nicht immer erkannt wird. Daher ist der ausschließliche Verlass auf GPS keine gute nautische Praxis: Es wird empfohlen, stets andere verfügbare Navigationsmittel (Radar-ECDIS-Überlagerung, terrestrische Verfahren) zur Ortsbestimmung hinzuzuziehen. GPS wird zu GPS III mit verbesserten Eigenschaften ausgebaut und modernisiert.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

3.1.4 Weitere Navigationsverfahren: GALILEO, GLONASS, Beidou, LORAN-C

(1) GALILEO

Das zukünftige weltweite Satellitennavigationssystem GALILEO ist das europäische Gegenstück zu GPS. Es wird als unabhängiges System aufgebaut, jedoch wird eine enge Zusammenarbeit mit anderen Systemen wie GPS und GLONASS bei der Planung berücksichtigt (Interoperabilität). GALILEO dient ausschließlich zivilen Zwecken und steht unter ziviler Kontrolle. Der allgemeine *Open Service* mit Positions-, Navigations- und Zeitdaten ist für die Nutzer frei von direkten Kosten. Satelliten, Signale und Prozeduren sind weitgehend analog zu GPS, allerdings beruht GALILEO auf einem breiteren Frequenzspektrum, wodurch das System robuster und weniger störanfällig ist. GALILEO bietet außerdem den verschlüsselten *GALILEO Public Regulated Service* an, der nur staatlichen Organisationen (Katastrophenschutz, Polizei, Militär, Feuerwehr, staatlichen Vermessern) zur Verfügung steht, für die Schifffahrt insbesondere den *Safety-of-Life Service* (Dienst für sicherheitskritische Anwendungen; SoL). GALILEO überträgt dafür sowohl Navigationssignale (mit Integritätsinformationen) als auch ein SAR-Signal für Notfälle (auf reservierten Frequenzen). Neben dem Vorteil der rein zivilen Kontrolle und dem der größeren Robustheit sieht GALILEO im SoL-Dienst zwei weitere wesentliche Verbesserungen vor:

- **Systemgenauigkeit:** Die u. a. durch Korrektur von Ionosphärenfehlern erreichbare horizontale Positionsgenauigkeit (95 %) beträgt für den *Time Critical Level* 4 m (vertikal 8 m) bei einem Alarmgrenzwert von 12 m (vertikal 20 m) und für den *Non-Time Critical Level* 220 m bei einem Alarmgrenzwert von 556 m.
- **Integrity monitoring:** Das GALILEO *Integrity monitoring* basiert auf GALILEO-Integritätsmeldungen und empfängerautonomer Integritätsprüfung (RAIM). Es bietet u. a. ein *Time-to-alarm*-Limit von 6 s für den *Time Critical Level* und von 10 s für den *Non-Time Critical Level*. Es werden eine Systemverfügbarkeit von mindestens 99,5 % und eine Kontinuität (als Maß für einen ungeplanten Ausfall) von 99,999 % für 15 s garantiert.

Kriterium/Funktion	Mindestleistung nach IMO
Positionsanzeige (Breite, Länge)	° und min (mit tausendstel min)
Aufdatierung der Position	Mindestens einmal pro s (HSC: 2mal pro s)
Statische und dynamische Genauigkeit (95 %) bei HDOP = 4	15 m horizontal/35 m vertikal (bei 1 Frequenz) 10 m horizontal/10 m vertikal (bei 2 Frequenzen)
Erste Positions- und Fahrtangabe (95 %) nach dem Einschalten	5 min (keine Almanach-Daten bekannt; Kaltstart) 1 min (Almanach-Daten bekannt; Warmstart)
Positionsangabe nach einer Störung	1 min nach Betriebsunterbrechung von 60 s
Integrity Monitoring Alarme nach	5 s nach einem Positionsverlust 5 s, wenn 1 s lang keine neue Ortsbestimmung erfolgt 10 s, wenn der horizontale Alarmgrenzwert von 25 m 3 s lang überschritten wird
Alarme	Ausfall des Empfangsgerätes
Übertragung von Position, COG , SOG und Alarmmeldungen an andere Geräte	Mindestens 2 Ausgänge für Navigationsdaten und Gültigkeitskennzeichnungen (*validity marks*)
Alarmmanagement	Bi-direktionale Schnittstelle für die externe Bestätigung eines akustischen Alarms des GALILEO-Empfangsgeräts

Tabelle 3.1.5: Wesentliche Leistungsanforderungen an GALILEO-Bordempfänger nach IMO

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die wesentlichen Anforderungen der IMO für GALILEO-Bordempfänger [3.1.5] (Tabelle 3.1.5) gehen über die Anforderungen an GPS-Empfänger (Tabelle 3.1.3) hinaus, bleiben als Mindeststandard jedoch weit unter den tatsächlichen Systemmöglichkeiten. Man kann auch hier davon ausgehen, dass die Leistung der Bordgeräte besser ist als die Anforderungen des Standards.

(2) GLONASS

GLONASS ist das russische Gegenstück zu GPS. Auch GLONASS ist ein weltweit verfügbares und von der IMO anerkanntes Navigationssystem, dessen Satelliten- und Signaleigenschaften und dessen Funktionsweise der des GPS weitgehend entsprechen – inzwischen auch durch den Übergang von Frequenz-Multiplex zu Code-Multiplex für die verschiedenen Satelliten. Entsprechend besitzt GLONASS die wesentlichen und praktischen Eigenschaften wie GPS. GLONASS hat derzeit mit 27 Satelliten die volle weltweite Verfügbarkeit. Die horizontale Genauigkeit für zivile Nutzer erfüllt die Performance Standards der IMO. In der Praxis werden ebenfalls bessere Werte erreicht [3.1.6]. Pläne für eine gezielte Verschlechterung der Signale wie die *Selective Availability* (SA) bei GPS sind derzeit nicht bekannt. Analog zu GPS existiert ein Differenzial-Korrektursystem (D-GLONASS). GLONASS unterliegt, wie GPS, letztlich militärischer Kontrolle. Es gibt weniger zivile Anwendungen als mit GPS. In der internationalen Schifffahrt werden weitaus weniger GLONASS-Empfänger als GPS-Empfänger genutzt.

(3) Beidou (Compass)

Das chinesische *Beidou Satellite Navigation System* (Arbeitsname „Compass“) ist ein im Aufbau befindliches Satellitennavigationssystem. Es soll 35 Satelliten nutzen und im Jahr 2020 global verfügbar sein. Beidou (Phase 3) ist seit 2014 von der IMO offiziell anerkannt. Es gibt einen IMO Performance Standard, aber keinen Teststandard. Somit ist derzeit (2016) eine Zulassung in der EU nicht möglich.

(4) LORAN-C

LORAN-C (*Long Range Navigation*) ist ein landgestütztes Navigationssystem. Die modernisierte Positionsbestimmung erfolgt automatisch – durch Einsatz von Atomuhren, Synchronisation der Sender, automatische Einstellung der LORAN-C-Ketten und Berechnung der Positionskoordinaten (ϕ, λ) im Empfänger (Stichwort: Range-Range-Messung). Die absolute Genauigkeit wird mit etwa 0,25 sm (95 %) angegeben, die Wiederholgenauigkeit mit 100 m, im Zentrum der Bedeckung sogar mit 10 bis 20 m (95 %) [3.1.6]. Die Reichweite ist auf Küstenregionen begrenzt und beträgt mehrere 100 sm, abhängig u. a. vom Untergrund. Bei der Langwellenausbreitung entstehen durch Änderung der Bodenleitfähigkeit (See, Land) Ausbreitungsanomalien (*Additional Secondary Factors*; ASF). Diese sind für die jeweiligen Seegebiete vorhersagbar und können im Empfänger berücksichtigt werden. Die Zukunft von LORAN-C ist derzeit offen. Es gibt Bestrebungen, mit LORAN-C als terrestrischer Alternative die Abhängigkeit von Satellitennavigationssystemen zu mindern.

(5) Integrierte Positionsempfänger

Zur Verbesserung von Genauigkeit, Integrität und Verfügbarkeit der Positionsbestimmung werden integrierte Empfänger (*Combined Receiver Equipment*) entwickelt. Die Hälfte aller derzeit zugelassenen GNSS-Empfänger (BSH 2016) sind Dual-Geräte, die GPS- und GLONASS-Signale gleichzeitig empfangen können. Auch die Kombination von GALILEO und GPS wird Möglichkeiten eröffnen, die über die der Einzelsysteme hinausgehen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

3.2 Kursmessung

Jürgen Majohr

Eine kontinuierliche und genaue Bestimmung des Schiffskurses mit Kursmessanlagen (Kompassen) ist bedeutsam für die sichere Steuerung und Navigation des Schiffes. Darüber hinaus wird der Kurswert von Kompassen für andere Navigationsgeräte und -systeme bereitgestellt, wie Kursregler, ECDIS, Radar, AIS und INS, damit diese ihre Funktion ausführen können. Die Ausrüstung von Seeschiffen mit Kompassen erfolgt nach entsprechenden *SOLAS*-Vorschriften [3.2.1, 3.2.2]. So sind alle Schiffe, gleich welcher Größe, mit einem Magnetkompass, alle Schiffe ≥ 500 GT zusätzlich mit einem Kreiselkompass auszurüsten.

3.2.1 Kreiselkompassanlagen

Kreiselkompassanlagen werden seit Jahrzehnten in der Seeschifffahrt zur kontinuierlichen Messung des Schiffskurses wegen ihrer hohen Messempfindlichkeit und -genauigkeit, geringen Ausfallwahrscheinlichkeit und einfachen Bedienbarkeit als Hauptkompass eingesetzt. Kreiselkompasse unterliegen einer ständigen technischen Weiterentwicklung.

(1) Physikalisch-technisches Wirkungsprinzip des Kreiselkompasses

Durch den resultierenden Drehimpulsvektor der Kreiselanordnung des Kreiselkompasses wird die Bezugsrichtung Kreiselkompass-Nord (KrN) festgelegt. Als Kursgröße wird der Kreiselkompasskurs (KrK) gemessen, der als Winkel von KrN bis zur Rechtvorausrichtung des Schiffes definiert ist. Sind alle systematischen Fehlweisungen des Kreiselkompasses korrigiert, entspricht der KrK dem rechtweisenden Kurs (rwK, *Heading*) bis auf einen statistischen Restfehler.

a) Umwandlung des kräftefreien Kreisels in ein meridiansuchendes Kreiselsystem

Die Drehimpulsachse eines kräftefreien, symmetrischen Kreisels mit drei rotatorischen Freiheitsgraden (Kreisel in kardanischer Aufhängung – Abb. 3.2.1 ohne Massenanhang) behält eine einmal eingestellte Lage (Richtung) im Raum – bezüglich des Fixsternhimmels – unverändert bei [3.2.3]. Daher führt seine Drehimpulsachse eine relative (scheinbare) Bewegung im horizontgebundenen Koordinatensystem des Schiffsortes auf der Erde (Tangentialebene am Schiffsort mit den Koordinatenachsen nach Nord, Ost und nach unten/zum Nadir) aus, für die die Eigenrotation der Erde mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_E = 15\,°/h = 0{,}725 \cdot 10^{-4}$rad/s ursächlich ist. Der kräftefreie Kreisel ist deshalb nur als richtunghaltender, nicht als nordsuchender Kreisel für eine Kursmessung geeignet. Er muss durch technische Zusatzeinrichtungen gezwungen werden, seine Richtung im Koordinatensystem der Erde beizubehalten. Für die Umwandlung des kräftefreien Kreisels in einen nordsuchenden Kreisel (Kreiselkompass) werden – je nach Typ der Kreiselkompassanlage – die folgenden konstruktiven Prinzipien verwendet: schwerer Kreisel, Kreisel mit Quecksilbergefäßen und Kreisel mit elektronischer Steuerung (elektronischer Kreiselkompass). Bei den ersten beiden Prinzipien handelt es sich um seit längerem verwendete, bewährte Lösungen. Der funktionelle Ablauf der Nordsuche erfolgt – unabhängig vom Typ des Kreiselkompasses – mit den folgenden Schritten: Erfassung der Höhenauslenkung des Kreisels („Nutzkomponente des Kreiselkompasses“) aus der Horizontalebene, Erzeugung eines äußeren Drehmoments um die Kreiselquerachse proportional zur Höhenauslenkung (Höhenwinkel) und Kreiselpräzession nach Nord, hervorgerufen durch das äußere Drehmoment. Das am häufigsten in Kreiselkompassen verwendete Prinzip des schweren Kreisels steht im Mittelpunkt der folgenden Darstellungen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

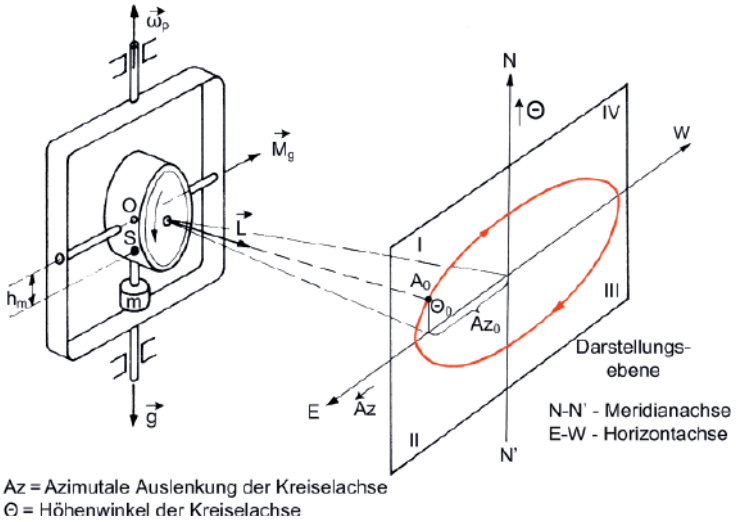


Abb. 3.2.1: Ungedämpfte (elliptische) Schwingung des schweren Kreisels um den Meridian

b) Einschwingen beim schweren Kreisel

Beim schweren Kreisel wird der Gewichtsschwerpunkt S unterhalb des Stützpunktes 0 der Aufhängung gelegt (symbolisch durch Masse m in Abb. 3.2.1). Die Meridiansuche des Kreisels erfolgt in der oben dargestellten prinzipiellen Abfolge: Bei der durch die Erdrotation verursachten Auswanderung der Drehimpulsachse des Kreisels mit dem Höhenwinkel Θ aus der Horizontebene entsteht unter dem Einfluss der Schwerebeschleunigung der Erde g ein äußeres Drehmoment um die Kreiselquerachse der Größe

$$M_g = F_g \cdot h_m \cdot \sin\Theta = m \cdot g \cdot h_m \cdot \sin\Theta \qquad (3.2.1)$$

mit der Gewichtskraft $F_g = m \cdot g$, der Masse m des Kreisels, g = 9,81 ms^{-2} und dem Abstand zwischen Form- und Gewichtsschwerpunkt h_m (metazentrische Höhe) des Kreisels. Das äußere Drehmoment ruft auf Grund des Präzessionsgesetzes ausgehend vom Startpunkt A_0 (Az_0, Θ_0) die Auswanderung der Kreiselachse nach Kreisel-Nord mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_p = \frac{M_g}{L} = \frac{m \cdot g \cdot h_m \cdot \sin\Theta}{J_p \cdot \omega_K} \qquad (3.2.2)$$

hervor. Dabei ist L der Kreiseldrehimpuls, J_p das polare Trägheitsmoment um die Kreiselrotationsachse und ω_K die Winkelgeschwindigkeit des Kreisels [3.2.3].

Das der Schwerkraft unterliegende Kreiselpendel gewährleistet dessen lose Kopplung an die Horizontebene, sodass der nordsuchende Kreiselkompass durch zwei Freiheitsgrade (Rotation um Drehimpuls- und Hochachse) und einen eingeschränkten Freiheitsgrad bezüglich der Rotation um die Querachse („Horizontfesselung der Drehimpulsachse“) charakterisiert ist.

Die Präzessionsbewegung setzt sich in ungedämpften Schwingungen sowohl der azimutalen Richtung Az(t) der Kreiselachse um KrN als auch der Höhenbewegung Θ(t) um die Horizontebene am Kompassort fort, so dass durch die Überlagerung beider Bewegungskomponenten die ungedämpfte elliptische Schwingung entsteht (Abb. 3.2.1; Θ stark vergrößert dargestellt, da nur einige Winkelminuten groß). Die Eigenschwingungsperiode T_0 des schweren Kreisels für den einmaligen Umlauf um den Meridian wird konstruktiv – für eine für die Schifffahrt sinnvolle (Konstruktions-)Breite, meist $\varphi_{Konst} = 60°$ – gleich der Schwingungsperiode T_{0S} eines mathematischen Pendels mit der Länge des Erdradius R_E gewählt (Schuler-Periode):

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

$$T_0 = 2\prod \cdot \sqrt{\frac{J_p \cdot \omega_K}{m \cdot g \cdot h_m \cdot \omega_E \cdot \cos\varphi}} = T_{0S} = 2\prod \cdot \sqrt{\frac{R_E}{g}} = 84{,}4\,\text{min} \qquad (3.2.3)$$

mit R_E = 6370300 m und ω_E = 15 °/h = 0,725 · 10^{-4} rad/s.

Zu beachten: Die Kippung des Kreisels gegenüber der Horizontebene ist am Äquator groß, in den Polgebieten gering. Daher ist die Richtwirkung des Kreisels breitenabhängig. An den Polen tritt keine Kippung des Kreisels gegenüber der Horizontebene ein und es gilt M_g = 0 sowie ω_p = 0 (Gl. 3.2.1 und 3.2.2). Damit ist die Kursmessung mit einem Kreiselkompass an den Polen und in den Polgebieten nicht möglich.

c) Kreisel mit Dämpfungseinrichtung

Um das Kreiselelement als Bezugselement für den Meridian verwenden zu können, ist eine Dämpfung der Schwingungen mittels einer Kreisel-Dämpfungseinrichtung erforderlich. In Verbindung mit dem schweren Kreisel wird meist eine Flüssigkeitsdämpfung in Form einer Öltankdämpfung eingesetzt, wodurch die ungedämpfte elliptische Schwingung der Kreiselachse in eine gedämpfte und letztlich in eine stabile Lage umgewandelt wird. Für den Kurs ergibt sich das typische Einschwingverhalten nach Abb. 3.2.2. Die Periode der gedämpften Schwingung T_g ist größer als die Periode der ungedämpften Schwingung von 84,4 min (Gl. 3.2.3).

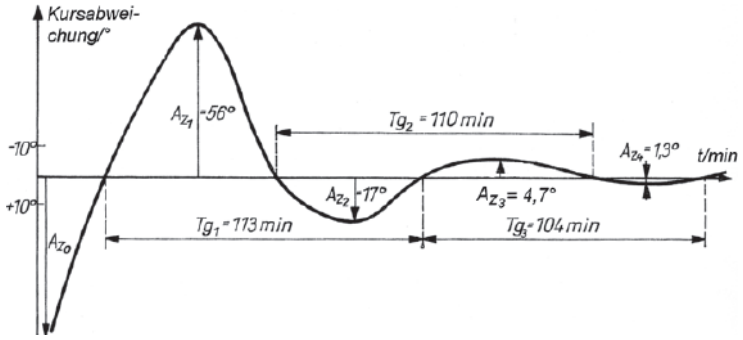


Abb. 3.2.2: Einschwingvorgang des Kurses des gedämpften Kreisels

Zu beachten: Erst nach einem maximal 6 h dauernden Einschwingvorgang ist die Kreiselachse in KrN-Richtung eingeschwungen. Dann kann der Kompass für die genaue Kursmessung verwendet werden (Tabelle 3.2.1). Das jeweilige Amplitudenverhältnis A_{Zi}/A_{Zi+1} (z. B. 56 °/17 ° = 3,3 in Abb. 3.2.2) und die Periode der gedämpften Schwingung T_{gi} (z. B. T_{g1} = 113 min) geben Auskunft darüber, ob das Einschwingverhalten des Kompasses in Ordnung ist. Die Parameter sollten in den Bereichen A_{Zi}/A_{Zi+1} = 3 bis 5 bzw. T_{gi} = 90 bis 130 min liegen.

(2) Grundaufbau und wesentliche Baugruppen von Kreiselkompassen

a) Blockbild einer Kreiselkompassanlage

Der Mutterkompass enthält das Kreiselmesselement (Abb. 3.2.3). Entsprechend ihrer Anzahl können Zweikreiselkompasse (Fabrikate: Raytheon-Anschütz, Plath, Microtechnika, Kurs, Amur) und Einkreiselkompasse (Sperry, Brown, Robertson, Tokimec, Vega) unterschieden werden. Am Mutterkompass können der Kompasskurs sowie weitere Daten wie Betriebsstatus, Warnungen und Fehleranzeigen abgelesen werden. Der Mutterkompass stellt die Kursinformation für die Tochterkompasse (*Repeater compasses*) (analog auf Kursrose oder digital) an

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

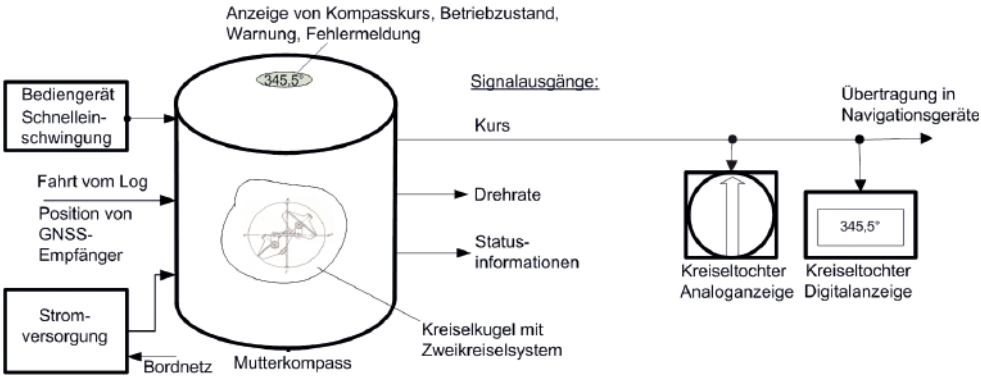


Abb. 3.2.3: Blockbild einer Kreiselkompassanlage

verschiedenen Orten des Schiffes sowie für andere Navigationseinrichtungen zur Verfügung. Häufig erfolgt zusätzlich die Bereitstellung und Anzeige der Drehrate (*Rate of Turn, RoT*). Eingangs- und Ausgangsschnittstellen sind in Abb. 3.2.3 ersichtlich.

b) Wesentliche Funktionen und Baugruppen eines Kreiselkompasses

Die Kreiselkugel – das eigentliche richtungsempfindliche Element der Kreiselkompassanlage – ist im Mutterkompass angeordnet. Im Inneren der Kreiselkugel ist – in diesem Beispiel – ein Zweikreiselverbund angebracht (Abb. 3.2.3), der die Entstehung eines Schlingerfehlers des Kreiselkompasses bei Bewegungen des Schiffes im Seegang weitgehend vermeidet. Die Kreiselkugel schwebt nahezu reibungsfrei in der Tragflüssigkeit, die von der die Kreiselkugel umgebenden Hüllkugel bzw. dem Kompasskessel aufgenommen wird. Mittels der elektrisch leitenden Tragflüssigkeit (Elektrolyt) erfolgt die Stromzuführung von der Hüllkugel über entsprechende Elektrodenbelegungen an die Kreiselmotoren und weiteren elektrischen Elemente der Kreiselkugel.

Zur Zentrierung der Kreiselkugel in der Hüllkugel werden traditionell elektromagnetische „Blasspulen“ angewandt, die parallel zur Äquatorebene der Kugel angebracht sind. Bei anderen Lösungen erfolgt die Zentrierung der Kreiselkugel mit einem „hydrodynamischen Flüssigkeitslager“ oder einem „Trichterschwimmer“ mit Zentrierstift und Spitzenlager. Die Hüllkugel ist wesentliches Element der Nachlaufregelung für die Übertragung des Kurses an Kreiseltöchter. Der Kompasskessel dient zur Aufnahme des Systems Kreiselkugel – Hüllkugel – Tragflüssigkeit. Eine kardanische Aufhängung des Kompasskessels im Kompassgehäuse sorgt für seine beständige Horizontallage. Die Kardanachsen sind federnd gelagert, um Vibrationen vom Messsystem fernzuhalten. Anstelle dieser Lösung wird auch eine federnde Aufhängung des Messsystems mit Vibrationsdämpfung angewandt. Bei einigen Anlagentypen sind Hüllkugel und Kompasskessel zu einer Hülle zusammengefasst. Zur Gewährleistung des Schwebezustandes der Kreiselkugel ist die Einhaltung einer konstanten Temperatur der Tragflüssigkeit mittels Temperaturregelung erforderlich. Die Abführung der durch die elektrische Energie umgewandelten erheblichen Wärmeenergie erfolgt durch einen Ventilator als Kühleinrichtung. Bei Anwendung des Prinzips des schweren Kreisels (Kreiselpendel) ist das Kreiselsystem beschleunigungsempfindlich, was bei üblichen Seeschiffen bei Manövern bedeutsam ist (s. (4)). Für Marine- und Offshore-Arbeitsschiffe mit höheren Eigenbeschleunigungen können als Alternative elektronische Kreiselkompasse eingesetzt werden.

c) Alternative „Elektronische Kreiselkompasse“: Auch hier läuft die Nordsuche entsprechend den eingangs erläuterten Funktionen ab (Abb. 3.2.4). Zuerst erfolgt durch den mit der

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

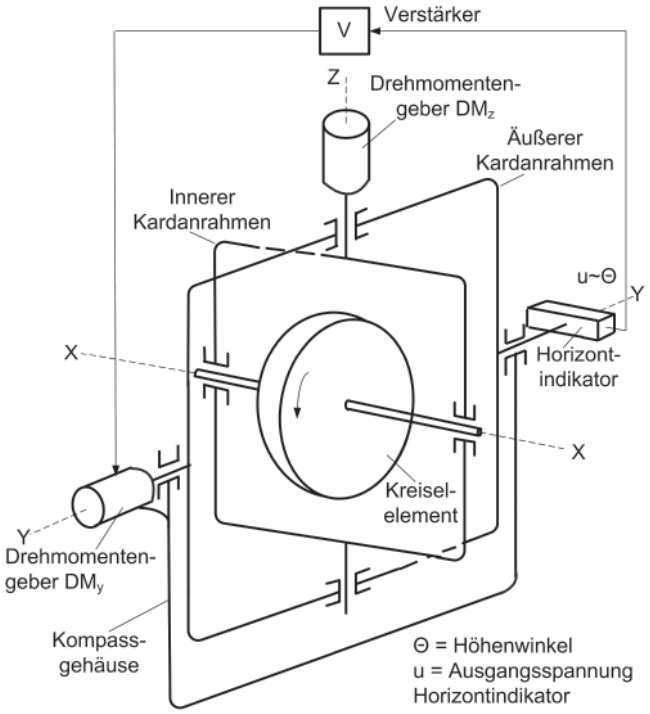


Abb. 3.2.4: Grundaufbau des Kreiselkompasses mit elektronischer Steuerung

Drehimpulsachse einer Einkreiselanordnung gekoppelten „Horizontindikator" (Winkel-Spannungs-Wandler) die Erfassung des Höhenwinkels Θ. Das elektrische Ausgangssignal u des Horizontindikators steuert nach Verstärkung einen elektromechanischen Drehmomentengeber DM_Y an, der ein äußeres Drehmoment um die Kreisel-Querachse erzeugt, das – wie beim schweren Kreisel – zur Präzession der Kreiselachse zum Meridian führt. Mit dem Drehmomentengeber DM_Z, der ein vertikales Dämpfungsmoment um die z-Achse des Kreisels generiert, wird die Kreiseldämpfung realisiert. Auf Grund der elektrischen Steuerung liegt ein flexibles Kreiselkonzept vor. So kann vom Kreiselkompassbetrieb auf die Betriebsart eines Richtungskreisels (freier Kreisel; Kursdrift < 0,1 °/h; geringer Beschleunigungsfehler bei schnellen Manövern und schwerer See) umgeschaltet werden.

(3) Wesentliche Bedienungshinweise:

- **Einschalten:** Der Kreiselkompass ist mehrere Stunden vor seiner Nutzung einzuschalten.
- **Aufheizvorgang:** Nach dem Einschalten wird bei den meisten Kreiselkompassen zunächst die Tragflüssigkeit auf die Betriebstemperatur (z. B. +45 °C) aufgeheizt. Die Heizzeit kann je nach der Ausgangstemperatur der Tragflüssigkeit unterschiedlich lang sein, z. B. 30 Minuten. Während der Heizzeit ist die Nachlaufregelung abgeschaltet, d. h. es findet keine Kursübertragung zu den Kreiseltöchtern statt. Diese wird automatisch eingeschaltet, wenn die Tragflüssigkeit ihre Betriebstemperatur erreicht hat.
- **Normaleinschwingung:** Die normale Einschwingzeit erfordert einen Zeitaufwand von vier bis sechs Stunden, wenn das Schiff keine Kursänderung (auch kein Verholen) ausführt.
- **Schnelleinschwingung:** Die normale Einschwingzeit wird wesentlich reduziert, z. B. auf 1 h. Die Schnelleinschwingung wirkt nur, wenn das Schiff während dieses Vorgangs keine Kursänderung durchführt. Bei elektronischen Kreiselkompassen kann durch Erhöhung des Verstärkungsfaktors V (Abb. 3.2.4) die Schnelleinschwingung (< 1h) realisiert werden.
- **Kursablesung:** Ein verlässlicher Kurs (Toleranz 0,7 °) kann erst abgelesen werden, wenn die Kreiselkompassanlage eingeschwungen ist (Tabelle 3.2.1).
- **Korrektur von Kreisel-A:** Für die Korrektur des Kreisel-A (KrA) wird der rwK an der Pier aus der Karte entnommen. Dazu muss das Schiff festgemacht und der Kreiselkompass einge-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

schwungen sein. Wird nach Ablesen des Kurses am Mutterkompass festgestellt, dass der Betrag von KrA > 0,5° ist, muss der Fehler durch entsprechende Einstellungen am Mutterkompass so weit wie möglich beseitigt werden. Das ermittelte KrA sollte im Kreiselkompasstagebuch festgehalten werden.

- **Automatische Fahrtfehlerberichtigung:** Die automatische Fahrtfehlerberichtigung erfordert die automatische Eingabe der FüG und der geografischen Breite über Datenschnittstellen von entsprechenden Sensoren. Ist dies nicht gegeben, ist die manuelle Eingabe von Fahrt und Breite vorzunehmen.
- **Synchronisierung:** Bei älteren Kreiselkompassen mit Kursübertragung vom Mutterkompass zu den Tochterkompassen mittels Drehmelderübertragung (Synchros), Schrittmotoren o. ä. sind die Tochteranzeigen nach dem Einschwingvorgang manuell zu synchronisieren. Bei modernen Kreiselkompassen mit Ansteuerung der Tochterkompasse, z. B. über Datenbus, erfolgt automatische Synchronisierung.
- **Typische Warnungen:** Automatische Alarme werden bei Ausfall der Stromversorgung, Kühlventilatorfehler, Heizungsfehler, Überschreitung der zulässigen Tragflüssigkeitstemperatur und zu niedrigem Tragflüssigkeitsniveau in der Hüllkugel ausgelöst.
- **Ausschalten:** Ein Kreiselkompass sollte generell nicht auf See ausgeschaltet werden, da die Kreiselkugel zerstört werden könnte. Auch bei Hafenliegezeiten bis zu etwa einer Woche sollte der Kreiselkompass eingeschaltet bleiben.
- **Beschleunigungsfehlerberichtigung (schwerer Kreisel):** Falls keine automatische Korrektur des Beschleunigungsfehlers erfolgt, kann im Bedarfsfall mit ausreichender Näherung die Beschleunigungsfehlerberichtigung nach Gl. (3.2.6) ermittelt werden.

Zu Details der Bedienung von Kreiselkompassen sei auf die technischen Dokumentationen der Hersteller verwiesen.

(4) Systematische Fehlweisungen

Systematische Fehlweisungen des Kreiselkompasses sind: Kreisel-R, Kreisel-A, Fahrtfehler- und Beschleunigungsfehlerberichtigungen.

a) Kreisel-R und Kreisel-A

Kreisel-R (KrR) ist die beobachtete (!) Kreiselkompassfehlweisung (KrFw) abzüglich der Fahrtfehlerberichtigung (Ff). Kreisel-A (KrA) ist der konstante Anteil von KrR, zugleich dessen Mittelwert. Er kann durch Kollimationsfehler des Kreiselsystems (resultierender Drehimpulsvektor des Kreisels fällt nicht in die 0°-Richtung der Kreiselkugelmarkierung) oder durch unexakte Ausrichtung des Kreiselkompasses (Steuerstrich nicht parallel zur Mittschiffslinie) hervorgerufen werden. In KrR geht zusätzlich insbesondere der nicht kompensierte, zeitlich veränderliche Beschleunigungsfehler ein. Der KrA-Wert dient zur Berichtigung des Kreiselkompasskurses.

b) Fahrtfehlerberichtigung

Während sich bei ruhendem Schiff die Kreiselachse in Richtung des Vektors der Horizontalkomponente $\vec{\omega}_H$ der Erdrotation (rwN) einstellt, entsteht bei der Fahrt des Schiffes mit der Geschwindigkeit über Grund $\vec{v}_G$ auf der gekrümmten Erdoberfläche eine zusätzliche Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}_S = \vec{v}_G/R_E$, die stets nach der Backbordseite gerichtet ist. Beide Winkelgeschwindigkeiten überlagern sich zu einer Resultierenden $\vec{\omega}_R = \vec{\omega}_H + \vec{\omega}_S$, in die sich die Kreiselachse einstellt (Abb. 3.2.5). Die Richtung von $\vec{\omega}_R$ wird daher als Kreiselkompass-Nord (KrN) bezeichnet. Der Differenzwinkel zwischen KrN und rwN stellt definitionsgemäß die Fahrtfehlerberichtigung (Ff) – als Formelzeichen δ_{Kr} [3.2.4] – dar. Aus der Konstruktion nach Abb. 3.2.5 kann die folgende

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Gleichung zur direkten Berechnung der Fahrtfehlerberichtigung als Funktion des KrK abgeleitet werden:

$$Ff/° = -57{,}3 \cdot \frac{v_G/kn \cdot \cos(KrK/°)}{900/kn \cdot \cos(\varphi/°)} \qquad (3.2.4)$$

Auf genau nördlichen und südlichen Kursen ist Ff maximal, wobei das Vorzeichen auf nördlichen Kursen negativ und auf südlichen Kursen positiv ist. Für KrK = 90 ° und KrK = 270 ° ist Ff gleich Null. Mit zunehmender geografischer Breite φ vergrößert sich der Betrag der Ff.

Beispiel für die Berechnung von Ff: Wenn ein Schiff mit Nordkurs (KrK = 0 °) und einer Geschwindigkeit v_G von 20 kn fährt, beträgt bei der geografischen Breite von 60 ° N die Fahrtfehlerberichtigung etwa -2,5 °.

Für die in der Seeschifffahrt üblichen (geringen) Geschwindigkeiten kann in Gl. (3.2.4) anstelle des KrK auch der rwK eingesetzt werden. Bei Windabdrift und Stromdrift sollte man in Gl. (3.2.4) den KüG einsetzen. Zur Beschickung des KrK mit der Fahrtfehlerberichtigung Ff sei auf Kap. 2.1.4 verwiesen. In modernen Kreiselkompassanlagen wird – ausgehend von der Einspeisung der Fahrt von einem Log und der geografischen Breite von einem Satellitenortungsempfänger – eine automatische Fahrtfehlerberichtigung vorgenommen.

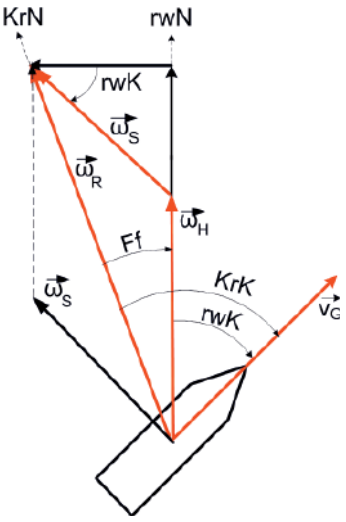


Abb. 3.2.5: Fahrtfehlerberichtigung ($\vec{\omega}_S$ und Ff vergrößert dargestellt)

c) Beschleunigungsfehlerberichtigung (schwerer Kreisel)

Beschleunigungsfehler entstehen durch Beschleunigungen bei Kurs- und Fahrtänderungen des Schiffes am beschleunigungsempfindlichen Kreiselelement und an der Dämpfungseinrichtung. Die Beschleunigungsausschläge des Kreisels α_v infolge Fahrtänderung und α_K infolge Kursänderung sind während des Manövers den jeweiligen Änderungen der Fahrtfehlerberichtigung ΔFf gleichgerichtet und unterstützen somit das Einlaufen der Kreiselachse in den neuen Kreiselmeridian. Das Auftreten eines Beschleunigungsfehlers zum Ende eines Schiffsmanövers und damit ein neuer Einschwingvorgang werden vermieden, wenn ein aperiodischer Übergang in den neuen Kreiselmeridian durch die folgenden Bedingungen realisiert wird:

$$\Delta Ff_v = \alpha_v;\ \Delta Ff_K = \alpha_K \qquad (3.2.5)$$

Eine nähere Analyse zeigt, dass das aperiodische Einschwingen in den neuen Meridian durch das Einhalten der Schuler-Periode nach Gl. (3.2.3) gewährleistet ist, d. h. nur von den Konstruktionsdaten des Kreiselkompasses sowie von der geografischen Breite und nicht von den Manövrierparametern des Schiffes abhängt. Da die Schuler-Bedingung aber nur bei der Konstruktionsbreite des Kreiselkompasses φ_{Konst} erfüllt werden kann, entsteht bei abweichenden Breiten $\varphi \neq \varphi_{Konst}$ ein Beschleunigungsfehler. Die exakte Berechnung und automatische Korrektur der Beschleunigungsfehlerberichtigung (Bf) stellt eine sehr anspruchsvolle Aufgabe dar. Für eine annähernde Bestimmung der Bf kann die folgende Beziehung verwendet werden [3.2.3]:

$$Bf/° = \Delta Ff/° \cdot [2 \cdot \cos(\varphi/°) - 1] = (Ff_2/° - Ff_1/°) \cdot [2 \cdot \cos(\varphi/°) - 1] \qquad (3.2.6)$$

Dabei bedeuten Ff_1 und Ff_2 die Fahrtfehlerberichtigungen bei Beginn und Beendigung des Manövers. Damit kann die Beschleunigungsfehlerberichtigung maximal die Größe der Änderung der Fahrtfehlerberichtigung annehmen.

Beispiel: Bei einer Kursänderung von KrK_1 = 0 ° auf KrK_2 = 180 ° auf der Breite φ = 15 ° N mit einer Fahrt v_G = 20 kn ergibt sich über die Bestimmung von Ff_1 = -1,3 ° und Ff_2 = +1,3 ° eine

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Änderung der Fahrtfehlerberichtigung von $\Delta Ff = Ff_2 - Ff_1 = +1{,}3\,°-(-1{,}3\,°) = +2{,}6\,°$ und eine Beschleunigungsfehlerberichtigung $Bf = +2{,}6\,°(1{,}93 - 1) = +2{,}4\,°$.

Zu beachten: Bei Kurs- und Fahrtänderungen ist stets mit Beschleunigungsfehlern zu rechnen. Insbesondere bei speziellen periodischen Manövern wie mehrfachen Drehkreisen (für Kompassbeschickungen) und Profilfahrten (SAR) können Beschleunigungsfehler bis zu 5° (auch durch die Dämpfungseinrichtung) auftreten, die noch lange Zeit nach (!) dem Manöver vorhanden sind und einen neuen Einschwingvorgang erfordern.

(5) Leistungsanforderungen und -grenzen für Kreiselkompasse

Die in den IMO Resolutionen A.424(XI) [3.2.5], A.821(19) [3.2.6] für HSC und der ISO 8728 [3.2.10] festgelegten Leistungsparameter für geografische Breiten bis 60° und Geschwindigkeiten bis 30 kn sind in Tabelle 3.2.1 zusammengestellt. Die Ruhekursanzeige ist der Mittelwert von zehn Kursablesungen in Abständen von je 20 min nach Erreichen des Einschwingzustandes. Für *HSCs* gelten im Prinzip die gleichen Genauigkeitsanforderungen, allerdings für eine höhere Geschwindigkeit (70 kn) und bis zu einer Breite von 70°.

Parameter	Definition/Methode	Fehlertoleranz
(1) Einschwingzustand	Drei beliebige Kursablesungen in Zeitabständen von je 30 min	0,7°
(2) Einschwingzeit	Zeit vom Einschalten bis zur 3. Anzeige des Einschwingzustandes	6 h
(3) Ruhekursanzeigefehler	Standardabweichung zwischen Ruhekursanzeige und rwK, max. Fehlerwert = ± 0,25 °/cosφ	± 0,5 (95 %)
(4) Restausschlag nach Fahrfehlerkorrektur	Unterschied zwischen abgelesenem Wert und Ruhekursanzeige bei v = 20 kn, max. Fehlerwert = ± 0,25 °/cosφ	± 0,5 (95 %)
(5) Beschleunigungsfehler	Schnelle Änderung der Fahrt um 20 kn (*HSC*: 70 kn) Schnelle Änderung des Kurses um 180°, v = 20 kn (*HSC*: 70 kn)	± 2° (95 %) ± 3° (95%)
(6) Schlingerfehler	Rollen, Stampfen, Gieren: Periode = 6…15 s, Winkel = 5, 10, 20°, max. horiz. Beschleunigung: 1 m/s², max. Fehlerwert = ± 1 °/cosφ	± 2° (95 %)

Tabelle 3.2.1: Leistungsanforderungen an Kreiselkompasse für eine Breite bis zu 60° [3.2.5]

Zusammenfassende Einschätzung: Bei Kreiselkompassen kann davon ausgegangen werden, dass nach dem Einschwingvorgang und erfolgter Fahrtfehlerkorrektur der Fehler bei Geradeausfahrt den Wert ±1° (95 %) nicht überschreitet. Während schneller und größerer Manöver, bei ihrer Beendigung und auch danach ist dagegen mit nicht vernachlässigbaren Beschleunigungsfehlern der Kursanzeige zu rechnen. Die Einspeisung des Kurswertes des Kreiselkompasses in andere Navigationsgeräte wie AIS, Radar und Kursregler kann deshalb zu einer nicht akzeptablen Fehlerfortpflanzung führen.

3.2.2 Magnetkompasse

(1) Messprinzip des Magnetkompasses

Der Magnetkompass wird zur Kursanzeige und zur Peilung von terrestrischen Objekten und Gestirnen verwendet. Magnetkompasse nutzen das Magnetfeld der Erde.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- **Intensität des magnetischen Erdfeldes, Inklination:** Die Intensität des magnetischen Erdfeldes wird durch den Vektor der magnetischen Flussdichte (Induktion) $\vec{T}$ erfasst (Maßeinheit: Tesla, 1T = Vs/m²), der in Richtung der Tangente an die magnetische Feldlinie des Kompassortes orientiert ist. Die Flussdichte zerlegt man in eine Horizontalkomponente $\vec{H}$ und eine senkrecht dazu orientierte Vertikalkomponente $\vec{V}$. Der Winkel zwischen der Horizontalebene und dem Vektor der magnetischen Flussdichte wird als Inklination I bezeichnet.
- **Missweisend Nord:** Die Magnetnadel (Nordrichtung der Kompassrose) des Magnetkompasses stellt sich an einem eisenfreien Kompassort und ohne andere magnetische Störfelder in die Richtung der Horizontalkomponente des magnetischen Erdfeldes ein. Damit sind missweisend Nord (mwN) und die Missweisung (Mw) gegenüber rwN definiert (Abb. 3.2.6), s. a. Kap. 2.1.4.
- **Missweisender Kurs (mwK):** Der mwK ist der Winkel von mwN bis zur Rechtvorausrichtung des Schiffes (Abb. 3.2.6).

(2) Ablenkung der Kompassnadel auf einem eisernen Schiff

- **Magnetkompassablenkung, Magnetkompass-Nord:** Auf einem eisernen Schiff wirkt auf die Magnetnadel außer der Horizontalkomponente $\vec{H}$ des erdmagnetischen Feldes die Horizontalkomponente $\vec{S}$ des den Kompass am Aufstellungsort umgebenden Schiffsmagnetfeldes. Die Magnetnadel stellt sich in Richtung der Resultierenden $\vec{H}'$ am Kompassort ein und erfährt somit die Magnetkompassablenkung (Abl; als Formelzeichen δ_{Mg} [3.2.7]) (Abb. 3.2.6). Damit wird Magnetkompass-Nord (MgN) festgelegt, das als Bezugsrichtung für die Messung des Magnetkompasskurses (MgK) dient.
- **Magnetkompasskurs:** Der gemessene Magnetkompasskurs (MgK) stellt bei Vorhandensein von Mw und Abl den Winkel von MgN bis zur Rechtvorausrichtung des Fahrzeugs dar.

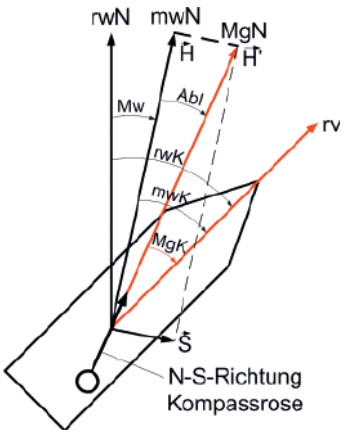


Abb. 3.2.6: Einstellung der Kompassrose infolge Missweisung und Ablenkung

- **Kompassregulierung:** Die Größe der Magnetkompassablenkung hängt vom Schiff selbst (Bau, Ladung, Tiefgang, Krängung), von seinem Kurs, seiner Position sowie der Zeit ab [3.2.3]. Man unterscheidet bezüglich der zeitlichen Veränderung und der Beschaffenheit des Schiffseisens zwischen festem Magnetismus (Pole im harten Schiffseisen), flüchtigem Magnetismus (im weichen Schiffseisen) und halbfestem Magnetismus, die in der Summe zu einem resultierenden Schiffsmagnetfeld am Kompassort führen. Bei der Kompassregulierung werden mittels Kompensationsmagneten die Horizontalkomponenten der Schiffsmagnetfelder durch Felder gleicher Stärke und entgegengesetzter Richtung so weit wie möglich kompensiert, um die Magnetkompassablenkung klein zu halten. Auf Schiffen unter Bundesflagge neu installierte Magnet-Regelkompasse und Magnet-Steuerkompasse müssen vor ihrer Inbetriebnahme sowie danach alle zwei Jahre durch vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH) anerkannte Kompassregulierer kompensiert werden. Im Ergebnis der Kompassregulierung verbleibt meist eine Restablenkung, die in einer Ablenkungstabelle oder Ablenkungskurve angegeben wird, die an Bord jederzeit verfügbar sein muss (s. Kap. 2.1.4). Eine Kontrolle der Magnetkompassablenkung und eine neue Aufstellung der Ablenkungstabelle sollte nach größeren Umbauten und Reparaturen am Schiff und bei nicht erklärbaren, beständigen Abweichungen (>1 °) zwischen den Kursanzeigen des Magnetkompasses und des Kreiselkompasses erfolgen. Die notwendigen Berichtigungen für die Mw und die Abl werden in Kap. 2.1.4 beschrieben.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) Arten und Aufbau von Magnetkompassen

- **Flüssigkeits-(Fluid-)kompasse:** In der Seefahrt werden – als Steuerkompasse oder Peil- bzw. Regelkompasse – ausschließlich Flüssigkeitskompasse mit einer Füllung aus einem Wasser-Alkohol-Gemisch genutzt. Lässt sich auf der Brücke kein Steuerkompass aufstellen, kann von einem Reflexionskompass mittels einer Reflexionsoptik der Kurs zum Ruderstand auf der Brücke übertragen werden. Durch kardanische Aufhängung des Magnetkompasses wird die für eine genaue Messung erforderliche horizontale Lage bei Schiffsbewegungen erreicht. Nicht erforderlich ist die kardanische Aufhängung bei Kugelkompassen, da durch die spezielle Lagerung der Kursrose diese auch bei starker Neigung des Schiffes noch frei schwingen kann. Durch die halbkugelförmige Glas- oder Plexiglaskuppel des Kugelkompasses ist eine vergrößerte Ablesung der Kursrose möglich.
- ***Fluxgate*-Kompasse:** Im Gegensatz zum Magnetkompass mit beweglichem Richtsystem werden beim *Fluxgate*-Kompass oder elektromagnetischen Kompass schiffsfeste Spulensonden eingesetzt, die die Horizontalkomponente des Erdmagnetfelds abtasten. Diese können an einem magnetisch günstigen Ort (z. B. Mast), weitgehend frei vom magnetischen Störfeld des Schiffes, montiert werden. Die Übertragung des Kurses an Anzeigetöchter erfolgt mittels elektrischer Fernübertragung (s. a. *TMDH*, Kap. 3.2.3).

(4) Genauigkeit und Einsatzgrenzen

Der Magnetkompass bleibt auch bei Ausfall der elektrischen Bordenergie funktionsfähig (außer ggf. bei elektrischer Kursübertragung). Die wesentlichen Leistungsparameter (Fehlertoleranzen) sind in Tabelle 3.2.2 dargestellt [3.2.7]. Das Richtsystem eines Magnetkompasses verhält sich bei äußerer Anregung wie ein schwingungsfähiges System 2. Ordnung mit abklingender Schwingungsamplitude. Gelangt die Eigenfrequenz des Richtsystems in die Nähe der Frequenz der erregenden Schlingerbewegung des Schiffes im Seegang oder tritt sogar der Resonanzfall ein, kann es zu unerwünschten Anzeigeschwingungen der Kursrose kommen. Bei der Kursregelung mit einem Magnetkompass ist wegen seiner Schwingneigung und seines Schleppfehlers nicht die gleiche Kurshaltegenauigkeit wie bei Verwendung eines Kreiselkompasses zu erwarten. Bei *Fluxgate*-Kompassen treten Schleppfehler und Schwingverhalten nicht auf.

Fehlerart	Definition/Beschreibung	Fehlertoleranz
Richtungsfehler	Gültig für alle Kurse	± 0,5 °
Reibungsfehler	(3/H) °, magnetische Flussdichte H in µT	± 0,5 °
Schleppfehler	Bei Drehung des Kompasses mit 1,5 °/s – (36/H) ° bei Rosendurchmesser < 200 mm – (54/H) ° bei Rosendurchmesser > 200 mm	± 2…3 °
Schwingungs-periode	Die nach einer Anfangsauslenkung von 40 ° sich ergebende Zeitperiode der Schwingung (bei H = 18 µT)	≥ 24 s

Tabelle 3.2.2: Fehler- und Leistungstoleranzen des Magnetkompasses [3.2.7]

3.2.3 Weitere Kursmessanlagen

(1) Kursübertragseinrichtungen – *Transmitting heading devices (THDs)*

Ein *THD* empfängt ein Kurssignal von einem Kurssensor und generiert ein geeignetes Kurssignal, das an andere Navigationseinrichtungen übertragen wird. Alternative: Ein Kurssensor kann auch in das *THD* integriert sein. Laut *SOLAS* besteht Ausrüstungspflicht mit *THD*s für Schiffe im

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Bereich von 300 GT bis 500 GT, welche nicht mit einem Kreiselkompass ausgerüstet sind [3.2.1]. Alle Anzeigen und Ausgangsgrößen des *THD* stellen den rwK dar. Zu diesem Zweck findet bei *Transmitting magnetic heading devices (TMHDs)* [3.2.8], die auf einem Standard-Magnetkompass, *Fluxgate* o. ä. beruhen, eine automatische Fehlerkompensation der Magnetkompassablenkung mittels elektronischer Mittel statt. Bei *Fluxgate*-Kompassen wird z. B. nach manueller Einstellung der Mw die Magnetkompassablenkung bei Fahrten auf achterförmigen Bahnen ermittelt und korrigiert. *THD*s müssen die Fehlertoleranzen nach Tabelle 3.2.3 einhalten [3.2.9].

Fehlerart	Fehlertoleranz
Übertragungs- und Auflösefehler (z. B. Schrittmotor mit 1/6 ° Auflösung)	±0,2 °
Statischer Fehler	±1 ° (95 %)
Dynamischer Fehler (durch Vibration, Rollen, Stampfen, Beschleunigung)	±1,5 ° (95 %)
Verzögerungsfehler bei Sensorwertübertragung auf den *THD*-Ausgang – bei Übertragungsraten von 10 °/s – bei Übertragungsraten von 10 °/s bis 20 °/s	 ±0,5 ° (95 %) ±1,5 ° (95 %)

Tabelle 3.2.3: Fehlertoleranzen für *Transmitting heading devices (THDs)*

(2) Satellitenkompasse

Das Messprinzip beruht auf der Anbringung von zwei Antennen von Satelliten-Ortungsempfängern bzw. -prozessoren in einem bestimmten Abstand (z. B. 1 m) voneinander auf einer Antennenhalterung (duale Antennen-Einheit), die parallel zur Schiffslängsachse ausgerichtet ist (Abb. 3.2.7). Mittels der durch die GPS-Prozessoren bestimmten geografischen Antennenpositionen wird der rechtvoraus orientierte Lagevektor des Schiffes relativ zu rwN, d. h. der rwK, berechnet und angezeigt. Bei einigen Satellitenkompassen wird ein Aufbau mit drei Satellitenantennen (zwei in Richtung der Schiffslängsachse, eine seitwärts) verwendet, wodurch der Einfluss von Schiffsbewegungen auf die Kursmessung reduziert werden kann. Bei der für diesen Zweck notwendigen Auswertung der Trägerphasen der Satellitensignale im *Real time kinematic*-Betrieb wird eine statische Messgenauigkeit im Bereich von 0,5 ° bis 1 ° (95 %) erreicht. Damit kann die Einstufung als *THD* erfolgen. Nach dem Einschalten sind Satellitenkompasse nach kurzer Zeit betriebsbereit (*Start up time:* 4 bis 5 min). Das generelle Problem möglicher Empfangsstörungen von Satellitensignalen tritt wie bei Satelliten-Ortungsempfängern auch bei Satellitenkompassen auf (s. Kap. 3.1.3). Zur Überbrückung von Kurzzeit-Satellitenausfällen werden Drehratensensoren (vorzugsweise Vibrationskreisel) eingesetzt. Wegen ihres rein elektronischen Aufbaus sind Satellitenkompasse praktisch wartungsfrei.

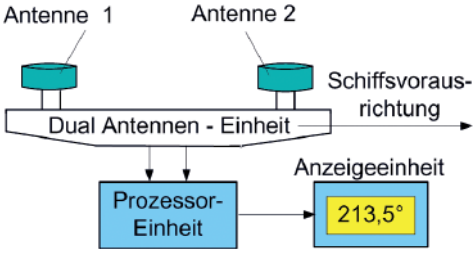


Abb. 3.2.7: Prinzipaufbau des Satellitenkompasses

(3) Faseroptik-Kreisel (*Fibre optic gyro; FOG*)

Faseroptische Kreisel sind primär Drehratensensoren. Zur Ermittlung des zeitabhängigen Kurses muss deshalb die Drehrate über die Zeit integriert werden. Das Prinzip der Messung beruht auf dem Sagnac-Effekt: Ein kohärenter Lichtstrahl einer Laser-Diode wird durch einen Strahlteiler in zwei Wellenzüge aufgeteilt und an einem Einkopplungspunkt P in einen geschlossenen

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

kreisförmigen Glasfaser-Lichtwellenleiter (Glasfaserspule) eingespeist (Abb. 3.2.8). Anschließend durchlaufen die beiden Wellenzüge den geschlossenen Lichtleiterweg in entgegengesetzten Richtungen. Wird die Glasfaserspule um ihre Vertikalachse in Drehung gesetzt, so entsteht eine Phasendifferenz $\Delta\phi$ beider Wellenzüge, die durch einen Photodetektor am Austrittspunkt P ausgewertet wird. Die Sagnac-Phasendifferenz kann nach Gl. (3.2.7) berechnet werden:

$$\Delta\phi = \frac{8 \cdot \Pi \cdot n \cdot A}{c \cdot \Lambda} \qquad (3.2.7)$$

mit A = Querschnittsfläche der Lichtleiterspule, n = Zahl der Windungen der Lichtleiterspule, Ω = Drehrate um die Messachse der Lichtleiterspule, c = Lichtgeschwindigkeit, Λ = Wellenlänge des Lichts.

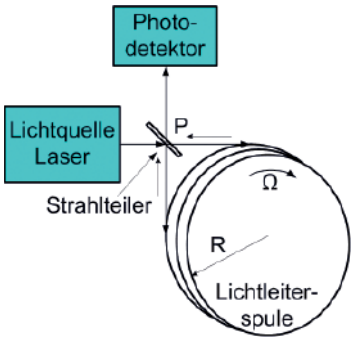


Abb. 3.2.8: Prinzipaufbau des Faseroptik-Kreisels

Danach ist die gemessene Phasendifferenz proportional zur Drehrate Ω des *FOG* und damit auch des Schiffes. Für ausreichende Empfindlichkeit der Messung ist eine möglichst große Zahl n der Windungen der Glasfaserspule erforderlich, so dass sich große Faserlängen ergeben, z. B. eine Faserlänge von 500 m bei einem Radius der Lichtleiterspule von R = 8 cm. Als Fehler wird für die Kursmessung der RMS-Wert 0,7 °/cosφ, für die Drehrate der Wert 0,4 °/min angegeben. Die Bereitschaftszeit (*Settling time*) beträgt bei Seebedingungen etwa 30 min. Faseroptik-Kreisel sind rein elektronische Kursmessanlagen, d. h. ohne bewegte Teile, so dass sie nahezu verschleiß- und wartungsfrei sind. *FOGs* zeichnen sich durch eine sehr geringe Drift mit der Zeit und der Temperatur aus.

(4) Mehr-Kompasssysteme

Im Rahmen integrierter Navigationssysteme (INS, Kap. 6.1) können zwei oder mehrere Kursmessanlagen mit unterschiedlichen Funktionsprinzipien und Fehlereinflüssen, z. B. zwei Kreiselkompassanlagen, ein Magnetkompass bzw. eine *Fluxgate*-Sonde und/oder ein Satellitenkompass, zu einem Mehr-Kompasssystem kombiniert werden, um die Redundanz und Zuverlässigkeit der Kursmessung gegenüber einer Einzelanlage wesentlich zu erhöhen. In diesem Fall können die Kursanzeigen der verschiedenen Kompasse verglichen (Kursmonitoring), ein optimierter eindeutiger Schiffskurs ermittelt und – beim Überschreiten eines durch den Nutzer vorgegebenen Toleranzgrenzwertes – ein „Kurs-Differenz"-Alarm gegeben werden. Mehr-Kompasssysteme sind deshalb als Kurs-Referenzsysteme für sicherheitsrelevante Bord-Automatisierungssysteme (Kursregelung, Bahnregelung) besonders geeignet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

3.3 Tiefen- und Fahrtmessung

Jürgen Majohr

3.3.1 Hydroakustische Grundlagen

Als Voraussetzung für das Verständnis der Funktion hydroakustischer Navigationsanlagen und ihre optimale Nutzung werden im Folgenden einige physikalisch-technische Grundlagen zur Hydroakustik dargestellt [3.2.3].

Schallwelle: Schallwellen stellen mechanische Wellen in elastischen Medien dar, die von einem Erregungszentrum (Schallquelle) ausgehen und sich in Stoffen (hier Wasser) fortpflanzen. Sinusförmige Schallschwingungen (Schallfeld) werden durch die Größe Schallausschlag u dargestellt:

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t) = \hat{u} \cdot \sin(2\Pi \cdot f \cdot t) \tag{3.3.1}$$

Dabei ist û der Maximalwert, f die Frequenz und $\omega = 2\Pi \cdot f$ die Kreisfrequenz.

Schallfrequenzen f: Die Schallbereiche werden unterschieden in: Infraschall (f < 16 Hz), Hörschall (16 Hz bis 20 kHz), Ultraschall (20 kHz bis 10 GHz), Hyperschall (f > 10 GHz). Frequenzbereich für hydroakustische Navigationsanlagen: 20 kHz bis zu einigen MHz (Echolot: 20 bis 200 kHz, Dopplerlog: 100 kHz bis 2,5 MHz).

Wellenlänge λ und Schallgeschwindigkeit c_w im Seewasser: Die Wellenlänge λ ist bei der räumlichen Ausdehnung des Schalls gleich dem Abstand zweier Wellenfronten mit der Phasendifferenz 2π. Daraus ergibt sich die Schallgeschwindigkeit c_w, mit der sich die Welle in Fortpflanzungsrichtung bewegt:

$$c_W = f \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T} \quad \text{bzw.} \quad \lambda = \frac{c_W}{f} \tag{3.3.2}$$

mit der Periode T der Schallschwingung. So hat z. B. die Schallwelle eines Dopplerlogs mit der Sendefrequenz von f = 1 MHz eine Wellenlänge von λ = 1,5 mm bei einer für die Eichung der Anzeige hydroakustischer Navigationsanlagen meist zu Grunde gelegten mittleren Schallgeschwindigkeit c_{w0} von 1500 ms^{-1}. In der Praxis kann man mit Schallgeschwindigkeiten zwischen 1420 ms^{-1} und 1585 ms^{-1} rechnen. Die Schallgeschwindigkeit im Seewasser c_w verändert sich mit der Temperatur T_W, dem Salzgehalt S und dem hydrostatischen Druck p des Seewassers, der mit der Wassertiefe zunimmt (105 Pa = 1 atm entspricht etwa einer Änderung des statischen Drucks um 10 m Wassersäule):

$$\frac{\Delta c_W\,(T_W)}{\Delta T_W} \approx 3{,}6\ \frac{ms^{-1}}{°C};\ \frac{\Delta c_W\,(S)}{\Delta S} \approx 1{,}2\ \frac{ms^{-1}}{‰};\ \frac{\Delta c_W\,(p)}{\Delta p} \approx 0{,}2 \cdot 10^{-5}\ \frac{ms^{-1}}{Pa} = 0{,}2 \cdot 10^{-5}\ \frac{ms^{-1}}{Nm^{-2}} \tag{3.3.3}$$

Schallabsorption: Im Seewasser gilt die frequenzabhängige Dämpfung der Schallwellen:

$$\alpha = 0{,}018\ f^{3/2}\ \text{dB/km} \tag{3.3.4}$$

Reichweite von Ultraschallwellen: Die maximale Ortungsreichweite d_{max} hängt – bei Vernachlässigung der Dämpfung – von der Sendeleistung P_s [W], dem Antennengewinn G, der wirksamen Reflexionsfläche A_r [m^2], dem Reflexionsfaktor R sowie von der Ansprechempfindlichkeit des Signalempfängers J_{Emin} [W/m^2] ab. Es gilt:

$$d_{max} / m = \sqrt[4]{\frac{P_s \cdot G \cdot A_r \cdot R}{(4\Pi)^2 \cdot J_{Emin}}} \tag{3.3.5}$$

Richtwirkung von Ultraschallwandlern: In hydroakustischen Navigationssystemen eingesetzte Schallwandler (Sender und Empfänger) sind piezoelektrische oder magnetostriktive Schallwandler, die auf den entsprechenden reversiblen physikalischen Effekten beruhen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Geometrische Formen von Schallwandlern sind: Rechteckige Schwinger (Kantenlängen a > b oder a = b) oder kreisförmige Schwinger (Durchmesser D). Eine gerichtete Schallabstrahlung (Schallkeule) wird bei a (bzw. D) > λ erreicht (Abb. 3.3.1). Die Halbwertsbreite α_H der Schallkeule für rechteckige Strahler beträgt

$$\alpha_H = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \alpha = \sqrt{2} \cdot \arcsin\left(\frac{\lambda}{a}\right) = \sqrt{2} \cdot \arcsin\left(\frac{c_w}{f \cdot a}\right) \quad (3.3.6)$$

Bei der Halbwertsbreite α_H ist die Schallenergiedichte W auf die Hälfte der maximalen Energie W_{max} reduziert. Je größer die Schwingerabmessungen, desto gebündelter der Strahl.

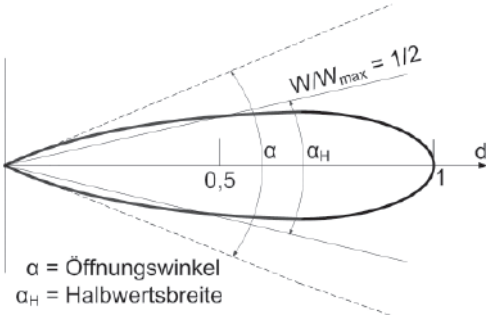


Abb. 3.3.1: Richtcharakteristik (Schallkeule)

Dopplereffekt: Bewegt sich ein Schallsender relativ zu einem ruhenden Schallempfänger oder bewegt sich ein Schallempfänger relativ zu einem ruhenden Schallsender (Abb. 3.3.2), kommt es zu einer Veränderung der Empfangsfrequenz f_E gegenüber der Sendefrequenz f_S (Doppler-Frequenzverschiebung). Für die im Schiffsbetrieb gültige Bedingung Schiffsgeschwindigkeit v_S << Schallgeschwindigkeit c_w (z. B. 30 kn ≈ 15 m/s << 1500 m/s) gelten näherungsweise die folgenden Beziehungen für die Empfangsfrequenz f_e und die Doppler-Frequenzverschiebung Δf [3.3.1]:

$$f_e = f_s \cdot \left(1 \pm \frac{v \cdot \cos\delta}{c_w}\right); \quad \Delta f = f_e - f_s = \pm f_s \cdot \frac{v \cdot \cos\delta}{c_w} \quad (3.3.7)$$

Dabei ist +v die Annäherungsgeschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger und δ der Abstrahlwinkel gegenüber der Bewegungsrichtung von Sender bzw. Empfänger.

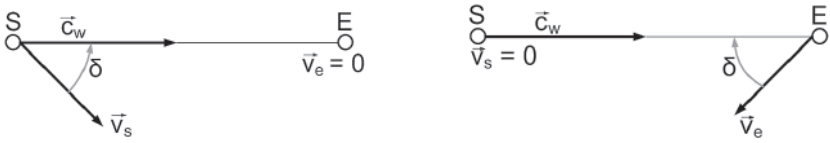


Abb. 3.3.2: Annäherungsbewegung von Schallquelle S und Schallempfänger E
links: Bewegter Sender, ruhender Empfänger; rechts: Ruhender Sender, bewegter Empfänger

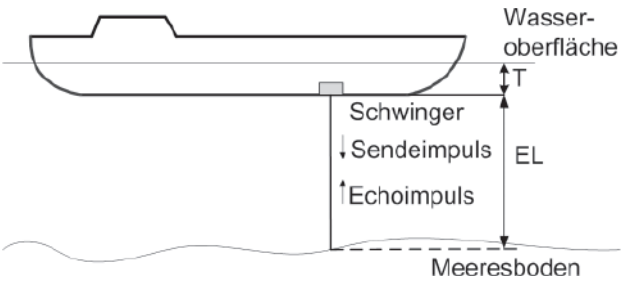
3.3.2 Tiefenmessanlagen (Navigations-Echolote)

Navigations-Echolote stellen ein unentbehrliches Hilfsmittel für die sichere Navigation von Seeschiffen dar, insbesondere bei Flachwasserbedingungen, um Grundberührungen und Kollisionen mit Unterwasserhindernissen zu vermeiden. *SOLAS* legt für alle Schiffe > 300 GT, Passagierschiffe aller Größen und *HSCs* die Ausrüstungspflicht mit einem Echolot fest [3.2.1].

(1) Wirkungsprinzip von Navigations-Echoloten

Mit Navigations-Echoloten wird der Schall vertikal abgestrahlt, um den Wassertiefenwert EL (unter Schwinger am Kiel) zu einem Unterwasserobjekt (Meeresboden, Riff, Wrack etc.) zu messen (Abb. 3.3.3). Der hydroakustische Schwinger arbeitet üblicherweise sowohl als Sende- als auch als Empfangsschwinger. Der Tiefenwert EL ergibt sich aus der gemessenen Laufzeit t eines Ultraschallimpulses vom Schwinger zum Meeresgrund (Reflexionsobjekt) und

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt



T = Tiefgang des Schiffes, EL = Echolotung = Wassertiefe unter dem Kiel

Abb. 3.3.3: Prinzip der Vertikal-Echolotung

von diesem zurück und aus der Schallgeschwindigkeit im Seewasser c_W durch die Beziehung

$$EL = \frac{c_W \cdot t}{2} \tag{3.3.8}$$

(2) Parameter von Navigations-Echoloten

Beim Impulsbetrieb eines Echolots wird während eines Messzyklus ein Ultraschallimpuls abgestrahlt und ausgewertet, der durch die folgenden Parameter charakterisiert ist (Abb. 3.3.4):

Impulsform: Die Impulsform stellt die Hüllkurve des Impulses dar, z. B. Rechteckimpuls.

Schallfrequenz f_s: Die Schallfrequenz f_s ist die Frequenz der Ultraschallschwingungen innerhalb der Impulse, die bei Echoloten im Bereich f_s = 20 bis 200 kHz liegt.

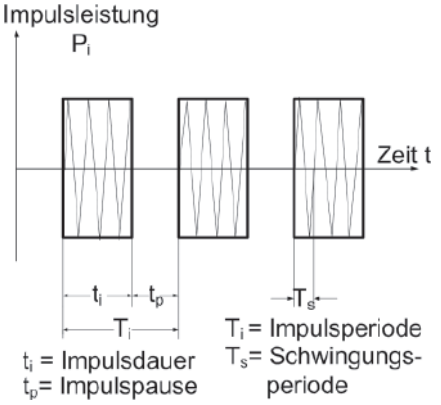


Abb. 3.3.4: Rechteck-Sendeimpulsfolge eines Echolots

Richtwirkung: Die Schallfrequenz bestimmt die Richtwirkung des abgestrahlten Schallfeldes (Gl. 3.3.6), wobei Halbwertsbreiten im Bereich von 5° bis 30° bei Echolotschwingern üblich sind. Durch die Schallbündelung registriert das Echolot jeweils die höchsten Erhebungen des Meeresgrundes.

Reichweite: Die Reichweite wird durch die Größen der Gl. (3.3.5) und die frequenzabhängige Dämpfung bestimmt. Bei Echoloten werden Tiefenreichweiten bis zu 2000 m erreicht.

Impulsdauer t_i: Die Impulsdauer ist die Zeit, in der Schallenergie abgestrahlt wird. Sie legt die Impulslänge $l_i = c_{w0} \cdot t_i$ fest, die wiederum die Nahauflösung eines Ziels unter dem Schwinger ($EL_{min} > l_i$) und die getrennte Anzeige von zwei Zielen ($\Delta EL > l_i/2$) bestimmt. Wählt man z. B. einen kleinen Tiefenmessbereich von 20 m mit einer kurzen Impulsdauer t_i von 0,25 ms, ergibt sich eine Nahauflösung von 0,38 m und eine Tiefenauflösung von 0,19 m. Bei einem großen Messbereich von 800 m und einer langen Impulsdauer von 3,60 ms erhält man eine Nahauflösung von 5,4 m und eine Tiefenauflösung von 2,7 m.

Impulsfolgefrequenz f_i: Die Impulsfolgefrequenz $f_i = 1/T_i$ (T_i = Impulsperiode) entspricht der Zahl der Impulse je Minute. Sie wird durch den gewählten Tiefenmessbereich festgelegt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) Bedienung von Navigations-Echoloten

Die folgenden Anzeige- und Bedienmöglichkeiten sind typisch für moderne Echolote und – wenn auch auf unterschiedliche Weise – bei den meisten Typen von Navigations-Echoloten zu finden.

Anzeigen: Der aktuelle Tiefenwert (*depth*) wird digital, der Trend grafisch angezeigt (Abb. 3.3.5). Der Plot enthält

- ein Echogramm für mindestens 15 zurückliegende Minuten,
- die Einblendung von Zeit- und Tiefen-Marken,
- eine Farb-Kodierung (z. B. von 8 RGB-Farben für die Stärke des Echosignals).

Abb. 3.3.5: Anzeigen eines Echolots (Furuno)

Einstellungen: Die folgenden Einstellungen können bzw. müssen vorgenommen werden:

- Tiefenmessbereich, z. B. 20 oder 200 m (*range setting*, manuelle oder automatische Bereichseinstellung),
- Bezugsfläche (*mode indication*): Tiefe unter Schwinger oder Tiefe unter Wasseroberfläche,
- Verstärkung (*gain setting*),
- Frequenz (*selected transducer; frequency*), z. B. 50 kHz für große und 200 kHz für kleine Tiefenmessbereiche und starke Schallbündelung,
- Einzel-und Doppelfrequenzanzeige auf dem Bildschirm,
- Filterstufe für Störunterdrückung, Zoom etc.,
- Speicherung von Tiefen- und Zeitdaten (mindestens der letzten 12 h, Einblendung als *playback on screen*).

Pflege des Schwingers: In warmen und flachen Gewässern (Wassertiefe < 100 m) kann an den Schwingern organischer mariner Bewuchs (*biofouling*) entstehen. Zu deren Verhinderung kann eine dünne Schicht (≈ 4 mm) einer 50:50-Mischung von Chili-Pulver und Silikonfett auf die abstrahlende Schwingerfläche aufgebracht werden.

Zu beachten: Die Einstellung eines Tiefengrenzwerts – bei Überschreitung erfolgt optischer und akustischer Tiefenalarm (*depth alarm*) – sollte als wichtige Navigationshilfe genutzt werden, um drohende Grundberührungen zu vermeiden. Außerdem dürfen die Wassertiefe unter Kiel (EL) und die Wassertiefe unter der Wasseroberfläche (El + T) nicht verwechselt werden.

(4) Messfehler, Leistungsmerkmale und -grenzen von Navigations-Echoloten

Von Echoloten sind folgende Genauigkeitsanforderungen einzuhalten [3.3.1]:

- im 20 m-Tiefenmessbereich ± 0,5 m,
- im 200 m-Tiefenmessbereich ± 5 m oder ± 2,5 % der angezeigten Tiefe (je nachdem welche Größe überwiegt).

Messfehler des Echolots können durch Veränderungen der folgenden Einflussgrößen entstehen:

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Schallgeschwindigkeit: Der dominierende Fehleranteil entsteht durch Änderungen der Schallgeschwindigkeit im Seewasser, hervorgerufen durch Veränderungen der Temperatur und des Salzgehaltes. So tritt bei einer Temperaturänderung von 5 °C eine Änderung der Schallgeschwindigkeit von etwa 18 m/s (1,2 % der Eichgröße c_{w0} = 1500 m/s) ein (Gl. 3.3.3), wodurch der Tiefenmesswert sich ebenfalls um 1,2 % ändert. Ein Sensor zur Erfassung der Wassertemperatur am Schallschwinger dient häufig zur Kompensation dieses Fehlereinflusses.

Geneigter Meeresgrund: Bei geneigtem Meeresgrund wird infolge des Öffnungswinkels der Schallkeule eine kleinere Entfernung als die Lot-Tiefe unter Kiel gemessen. Bei Neigungen ≤ 10 ° bleibt der Messfehler im Toleranzbereich von 1,5 % der angezeigten Tiefe, so dass er für Navigationszwecke vernachlässigt werden kann. Ein ähnlicher Effekt kann bei Roll- und Stampfbewegungen des Schiffes auftreten, so dass wegen der wechselnden Schrägmessungen mehr oder weniger periodisch schwankende Tiefenanzeigen zu beobachten sind. Durch Einstellung einer Filterstufe kann die Schwankungsbreite der Tiefenanzeige reduziert werden.

Fehler durch Blasenbildung: Die Tiefenangaben können infolge von Schlingerbewegungen des Schiffes im Seegang und bei Rückwärtsfahrt (also im Wesentlichen im Hafen) verfälscht werden, wenn die schwingernahen Wasserschichten im Bereich des Vorschiffs mit Luftblasen durchsetzt werden.

3.3.3 Doppler-Fahrtmessanlagen (Dopplerlog)

Bordautonome Fahrtmessanlagen (Fm-Anlagen), wie das Dopplerlog oder das Elektromagnetische Log, sind zur Gewährleistung einer ausreichenden Kontrolle des Navigationsprozesses von Bedeutung: Ein Fm-System dient zur kontinuierlichen Messung der Fahrt (Geschwindigkeit) eines Schiffes. Durch zeitliche Integration des Fahrtwertes erfolgt anlagenintern die Bestimmung der zurückgelegten Distanz. Fahrt- und Distanzinformationen werden in eine Reihe von anderen Navigationsgeräten und -systemen, wie ARPA, AIS, INS, Kreiselkompass sowie Bahn- und Kursregelung, eingespeist. *SOLAS* legt für alle Schiffe von ≥ 300 GT und Passagierschiffe aller Größen die Ausrüstung mit einer Fm-Anlage für die Messung der FdW fest [3.2.1]. Für alle Schiffe von ≥ 50 000 GT wird die Ausrüstung mit einer Fm-Anlage gefordert, die die FüG in Voraus- und Querrichtung anzeigt. *HSCs* sind generell mit Fm-Anlagen auszurüsten.

(1) Wirkungsprinzip von Doppler-Fahrtmessanlagen

Dopplerlogs nutzen zur Messung der Fahrt des Schiffes den Dopplereffekt bei der Ausbreitung hydroakustischer Wellen im Seewasser (Kap. 3.3.1). Das Abstrahlprinzip zur Messung der FüG erfolgt meist in Form des Zweistrahlverfahrens (Abb. 3.3.6). Von zwei am Schiffsboden angebrachten Ultraschall-Sendern S1 und S2 werden scharf gebündelte Schallstrahlen bug- und heckwärts (Janusprinzip) unter dem vertikalen Abstrahlwinkel δ zur Schiffslängsachse (z. B. δ = 60 °) zum Meeresboden hin abgestrahlt und dort an den Reflexionsorten O_1

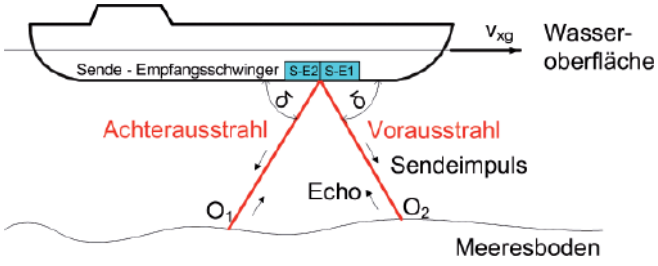


Abb. 3.3.6: Schallabstrahlung und Schallempfang beim Zweistrahlverfahren (Janusprinzip)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

und O_2 diffus reflektiert, so dass ein Teil der reflektierten Ultraschall-Energie als Echos in den Schallschwingern empfangen wird. Beim Schallhinlauf (Schiff – Meeresboden) entsteht eine erste Doppler-Frequenzverschiebung, beim Schallrücklauf (Meeresboden – Schiff) eine zweite (Gl. 3.3.7). Aufgrund des Janusprinzips ergibt sich die vierfache Dopplerverschiebung. Ist v_{xg} die Vorauskomponente der Geschwindigkeit und c_w die Schallgeschwindigkeit, gilt

$$\Delta f = 4 \cdot f_s \cdot \frac{\cos \delta}{c_w} \cdot v_{xg} \tag{3.3.9}$$

Die Dopplerverschiebung hängt linear von der gemessenen Geschwindigkeit über Grund ab. Gl. (3.3.9) gilt analog für die Messung der Quergeschwindigkeit. Sie wird mit einem gesonderten Schwingersystem für die Schallabstrahlung in Querschiffsrichtung ermittelt.

(2) Parameter von Doppler-Fahrtmessanlagen

Sendefrequenz: Bei Dopplerlogs werden gegenüber Echoloten wesentlich höhere Ultraschall-Frequenzen (100 kHz bis 2,5 MHz) verwendet, um die Messempfindlichkeit nach Gl. (3.3.9) zu erhöhen und kleine Halbwertsbreiten α_H der Schallkeule (3° bis 6°) nach Gl. (3.3.6) für eine genaue Auswertung des Dopplereffekts zu realisieren. Eine Interferenz mit anderen Bord-Sonarsystemen wird vermieden.

Reichweite: Die Tiefen-Reichweite hängt nach Gl. (3.3.5) von der Sendeleistung, der Bündelung des Schallstrahls, der Ansprechempfindlichkeit des Empfängers und den Reflexionseigenschaften des Meeresbodens ab. Wegen der notwendigen hohen Sendefrequenzen und der dadurch bedingten großen Dämpfung nach Gl. (3.3.4) sind die erreichbaren Tiefen-Reichweiten zur Messung der FüG auf etwa 600 m begrenzt.

Fahrt durchs Wasser: Kann auf Grund zu großer Wassertiefen im Fahrtgebiet oder anderer Ursachen (z. B. zu starke Brechung der Schallstrahlen) kein auswertbares Bodenecho empfangen werden, besteht bei den meisten Dopplerlogs die Möglichkeit der Messung der FdW und der zugehörigen Distanz durchs Wasser. Dazu wird die Doppler-Frequenzverschiebung der Volumennachhallechos ausgewertet, die nach diffuser Reflexion des Sendestrahls an den im Seewasser vorhandenen Beimengungen (Schwebestoffe, Plankton, Gasbläschen) entstehen. Mittels laufzeitabhängiger Öffnung des Empfangskanals des Dopplerlogs wird eine weitgehend ungestörte Wasserschicht zur Messung der FdW ausgewählt (3 bis 50 m unter Kiel je nach Anlagentyp). Die Schiffsumströmung hat somit auf die Fahrtmessung keinen Einfluss! ADCP-Strömungsprofilsensoren (*Acoustic Doppler Current Profiler*) beruhen ebenfalls auf der Auswertung des Volumennachhallechos in verschiedenen Wasserschichten. Mit Vertikal-ADCP werden vertikale und mit Horizontal-ADCP horizontale Strömungsprofile vermessen.

(3) Anzeigegrößen von Systemvarianten und Bedienung

Anzeigen: Die angezeigten Fahrt- und Distanzgrößen hängen wesentlich von der verwendeten Anlagenkonfiguration des Dopplerlogs ab:

- Einkomponenten-Dopplerlog: Anzeige der Längsfahrtkomponenten Voraus/Rückwärts (v_{xg}, v_{xw}) und ggf. der Wassertiefe unter Schwinger (Laufzeitmessung des Schallsignals bei vorhandenem Bodenecho),
- Zweikomponenten-Dopplerlog: Anzeige der Längsfahrtkomponenten Voraus/Rückwärts und Querfahrtkomponenten Backbord/Steuerbord (v_{yg}, v_{yw}) und des Driftwinkels,
- Doppler-Sonar-Dockingsystem: Anzeige der Längsfahrtkomponente sowie der Querfahrtkomponenten vorn und achtern (Abb. 3.3.7).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

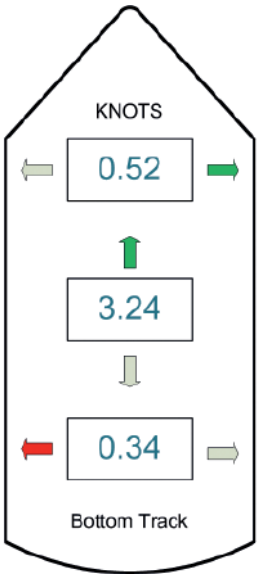


Abb. 3.3.7: Doppler-Docking-Display

Einstellungen: Die Betriebsart „Fahrt über Grund“ (Bottom Track/BT) oder „Fahrt durchs Wasser“ (Water Track/WT) kann manuell oder automatisch gewählt werden. Bei gleichzeitiger Auswertung von Bodenecho und Nachhallecho, erfolgt die simultane Anzeige der Fahrt und Distanz für beide Betriebsarten. Strömungsgeschwindigkeiten können bei fahrendem Schiff aus der Differenz von BT- und WT-Werten und beim Ankern aus dem WT-Wert bestimmt werden.

(4) Messfehler und ihre Korrektur, Leistungsmerkmale und -grenzen

Von Fahrtmessanlagen sind Fehlertoleranzen von ±2 % der Fahrt des Schiffes oder ±0,2 kn einzuhalten [3.3.2]. Diese Genauigkeitsanforderungen werden in der Praxis bei den meisten Dopplerlogs in der Betriebsart „BT“ übertroffen: Es wird ein Geschwindigkeitsfehler von ±0,5 bis ±1 % der Fahrt oder ±0,1 kn (je nach Anlage) angegeben. Durch die hohe Anfangsauflösung und Messempfindlichkeit des Dopplerlogs von 0,01 bis 0,1 kn (= 0,5 bis 5 cm/s) sind diese in der Zweikomponenten- oder Doppler-Docking-Konfiguration als Hilfsmittel für das empfindliche Manövrieren von Schiffen großer Abmessungen und Tonnage beim An- und Ablegen sowie bei Ankermanövern besonders gut geeignet. Entsprechend der Doppler-Messgleichung (3.3.9) können Messfehler durch Veränderungen der folgenden Einflussgrößen entstehen:

Schallgeschwindigkeit: Der dominierende Fehleranteil entsteht durch Änderungen der Schallgeschwindigkeit im Seewasser bei Veränderungen von Temperatur und Salzgehalt. So tritt (Gl. 3.3.3) bereits bei einer Temperaturänderung von 5 °C eine Änderung der Schallgeschwindigkeit von etwa 18 m/s ein (1,2 % der Eichgröße c_{w0} = 1500 m/s), wodurch die gemessene Geschwindigkeit sich ebenfalls um 1,2 % verändert. Die Schwinger werden deshalb meist mit einem Temperatursensor versehen, so dass dieser Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit automatisch korrigiert wird. Beim Alpha-Doppler-Prinzip wird der Einfluss der Schallgeschwindigkeit auf die Geschwindigkeitsmessung durch die Verwendung einer Schwingergruppe eliminiert.

Abstrahlwinkel: Der Fehleranteil infolge von Änderungen des Abstrahlwinkels – bedingt durch Vertrimmung und Bewegungen des Schiffes im Seegang – bleibt infolge des Janus-Abstrahlprinzips in der Regel vernachlässigbar gering. Er wird nicht größer als 1 % der gemessenen Fahrt, solange die Abweichung des Abstrahlwinkels gegenüber einem Eichwert (z. B. δ_0 = 60 °) kleiner als 8 ° bleibt [3.2.3].

Blocking-Effekt: Durch Turbulenzen, Luft- und Gasbläschen im Wasser kann die Abstrahlung und der Empfang der Schallstrahlen empfindlich gestört werden. Beim Auftreten des „Blocking“-Effekts wird je nach Anlage – in Verbindung mit einer entsprechenden Meldung („ungewisse Anzeige“) – entweder der letzte akzeptable Geschwindigkeitswert in der Fahrtanzeige solange gehalten, bis wieder störungsfreie Messung erfolgt, oder der angezeigte Geschwindigkeitswert ist einer Mittelwertbildung unterzogen worden.

3.3.4 Elektromagnetische Fahrtmessanlagen (EM-Log, Induktionslog)

(1) Prinzip und Funktionsweise

Das Prinzip der Messung der FdW mit einem EM-Log basiert auf der elektromagnetischen Induktion. Abb. 3.3.8 zeigt den Prinzipaufbau: Die stromlinienförmige Fahrtmess-Sonde eines

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

EM-Logs ist an einem aus dem Schiffsboden ausfahrbaren Auslegerrohr befestigt (Auslegersonde). Die Sonde ist aus elektrisch isolierendem und magnetisch inaktivem Material (Kunstharz) aufgebaut. Im Innern ist eine Magnetspule fest eingeschlossen, in die ein niederfrequenter Wechselstrom eingespeist wird (Frequenz f = 40…75 Hz je nach Anlage), der ein magnetisches Wechselfeld mit der magnetischen Flussdichte $B_{\approx}$ um sich herum ausbildet. Die x-Achse der Sonde ist parallel zur Schiffslängsachse (Vorausrichtung) orientiert. An der Messsonde fließt die Fahrtströmung mit einer Strömungsgeschwindigkeit v_S vorbei, die – bei Vernachlässigung von Grenzschichteinflüssen – betragsmäßig der Größe der Voraus-Komponente der FdW v_{xw} entspricht. Die Fahrtströmung stellt einen bewegten elektrischen Leiter dar, in dem das magnetische Wechselfeld ein elektrisches Feld E induziert.

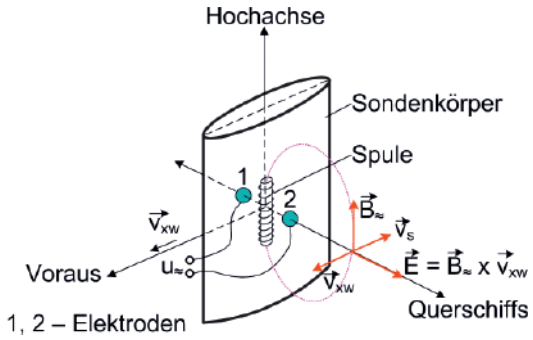


Abb. 3.3.8: Prinzipaufbau einer EM-Auslegersonde

Mit dem in Querschiffsrichtung orientierten Elektrodenpaar (Elektroden 1 und 2) wird die sinusförmige Induktionsspannung

$$u_{\approx} = k \cdot v_{xw} \cdot \sin(\omega \cdot t + \Phi) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t + \Phi) \qquad (3.3.10)$$

als Maß für die Geschwindigkeit abgenommen, wobei k eine Gerätekonstante darstellt. Der Scheitelwert $\hat{U}$ der Spannung ist der Fahrtgröße v_{xw} proportional, die Phasenlage ($\Phi = 0°$ oder 180°) stellt die Information für die Fahrtrichtung (voraus, rückwärts) bereit. Außer der Auslegersonde gibt es die Bauform der mit dem Schiffsboden bündig abschließenden Flachsonde, wodurch das Herausfahren aus dem Schiffsboden nicht erforderlich ist. Eine Zweikomponentenmessung der FdW (Längs- und Querkomponenten) kann durch Hinzufügen eines zweiten, in Schiffslängsrichtung orientierten oder eines diagonal angeordneten Elektrodenpaars an der Messsonde realisiert werden [3.2.3].

(2) Leistungsmerkmale und -grenzen

EM-Logs gewährleisten bei sorgfältiger Kalibrierung und Wartung der Fahrtmess-Sonde in größeren Zeitabständen eine genaue und zuverlässige Messung der FdW. Sie halten wegen des linearen Messzusammenhangs die vorgegebenen Fehlertoleranzen von 2 % der Fahrt oder 0,2 kn [3.3.2] im gesamten Fahrtbereich, d. h. auch bei kleinen Geschwindigkeiten ein (im Gegensatz zum Staudrucklog). Messfehler entstehen vor allem durch die nicht näher bekannten Strömungsverhältnisse unter dem Schiffskörper am Ort der Messsonde. Die Korrektur der strömungsbedingten Messfehler erfolgt während einer Messmeilenfahrt. Langzeitfehler können bei längeren Reisen in südlichen Gewässern insbesondere bei Flachsonden infolge des Bewuchses der Sonde und ihrer Umgebung am Unterwasserschiff auf-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

treten. Durch Sichtung und Reinigung der Messsonde und ihrer Elektroden im etwa vierteljährlichen Zyklus kann dieser Effekt weitgehend abgestellt werden. Durch die Wahl eines hochohmigen Eingangswiderstands des der Messsonde nachgeschalteten Messverstärkers hat der veränderliche Salzgehalt des Seewassers keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit. Bei einem EM-Log mit Auslegersonde ist dieses bei geringen Wassertiefen einzufahren, um seine Beschädigung zu vermeiden. Beim Ankern und im Vergleich zur Anzeige eines GNSS-Empfängers können Meeresströmungen bestimmt werden.

3.3.5 Weitere Fahrtmessanlagen

(1) Satelliten-Fahrtmessanlagen (Satellitenlog)

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit und Distanz über Grund können Satellitennavigationsverfahren genutzt werden. Diese Daten dürfen jedoch in andere Navigationsgeräte nur dann eingespeist werden, wenn sie den Genauigkeitsanforderungen für Fm-Anlagen entsprechen (s. Kap. 3.3.3). Es können die folgenden zwei Lösungswege beschritten werden:

Bestimmung der Geschwindigkeit aus Positionswerten: Dieses relativ einfache Verfahren (Differentiation der Position nach der Zeit) führt jedoch nur zu akzeptablen Ergebnissen, wenn Positionsfehler und Geschwindigkeitsänderungen des Nutzers im Messzeitintervall klein sind und RTK-Betrieb genutzt wird.

Bestimmung der Geschwindigkeit aus der Doppler-Frequenzverschiebung: Die Doppler-Frequenzverschiebung (Kap. 3.3.1) der Trägerfrequenz eines empfangenen Satellitensignals ist der Annäherungsgeschwindigkeit zwischen dem Satellitenempfänger und dem Satelliten proportional. Die FüG des Fahrzeugs wird aus der Differenz der im System bekannten Satellitenbahngeschwindigkeit und der gemessenen Annäherungsgeschwindigkeit berechnet [3.3.3]. Serienmäßige Geräte werden ähnlich wie Doppler-Fm-Anlagen für das Manövrieren großer Schiffe eingesetzt. Die Messgenauigkeit hängt von der Zahl der empfangenen Satelliten ab (> 5 mit +/- 0,02 kn RMS, 3-4 mit +/- 0,2 kn RMS).

(2) Traditionelle Fahrtmessanlagen

Bei einem Propellerlog ist die zurückgelegte Distanz durchs Wasser der Umdrehungszahl eines Messpropellers, der vom Schiff nachgeschleppt oder unter dem Schiffsboden an einem Ausleger ausgefahren wird, proportional. Wegen der möglichen Verschmutzung des Messpropellers durch Schwebeteilchen, Wasserpflanzen u. ä. sind Propellerlogs wartungsaufwendig und werden nur noch in der Sportschifffahrt verwendet.

Bei einem Staudrucklog wird der dynamische Druck (oder Staudruck) in der das Schiff umgebenden Fahrtströmung (parallel zur Schiffslängsachse) bestimmt. Dieser ist ein (quadratisches) Maß für die herrschende Strömungsgeschwindigkeit und damit für die Längskomponente der FdW. Die dynamische Druckgröße wird für eine lineare Anzeige der FdW radiziert. Staudruck-Fm-Anlagen sind durch eine Reihe von Nachteilen gekennzeichnet: Verschmutzen der Messdüsen und Lufteinschlüsse im hydraulischen System machen häufige Wartungsarbeiten zum Spülen und Entlüften der Düsen und Rohrleitungen erforderlich. Empfindlichkeit und Messgenauigkeit bei kleinen Geschwindigkeiten sind wegen der quadratischen Messcharakteristik gering. Messung der Rückwärtsfahrt und Zweikomponentenmessung sind nicht möglich. Staudrucklogs sind durch die elektronischen Fm-Anlagen abgelöst worden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4 Systeme mit grafischen Displays: ECDIS, Radar und AIS

4.1 ECDIS

Bernhard Berking

Seit 2010 ist eine wachsende Anzahl von Schiffen ausrüstungspflichtig mit einem Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). Auch auf zahlreichen nicht ausrüstungspflichtigen Schiffen ersetzt ECDIS offiziell die Papierseekarte. Bei dem Begriff „Elektronische Seekarte“ ist zu beachten, dass nicht jede elektronische Seekarte eine zugelassene ECDIS darstellt. Eine geschlossene Darstellung befindet sich in [4.1.1], [4.1.2] und [4.1.3].

4.1.1 Prinzip, Komponenten und Funktionsweise

Ein elektronisches Seekartensystem enthält im Wesentlichen die folgenden Komponenten: Die Hardware, die Software, die elektronischen Kartendaten („Daten“), Anschlüsse an Navigationssensoren, ein grafisches Display, manuelle Ein-/Ausgabegeräte und Kommunikationsmöglichkeiten sowie ein Ersatzsystem (*Back-up*) (Abb. 4.1.1).

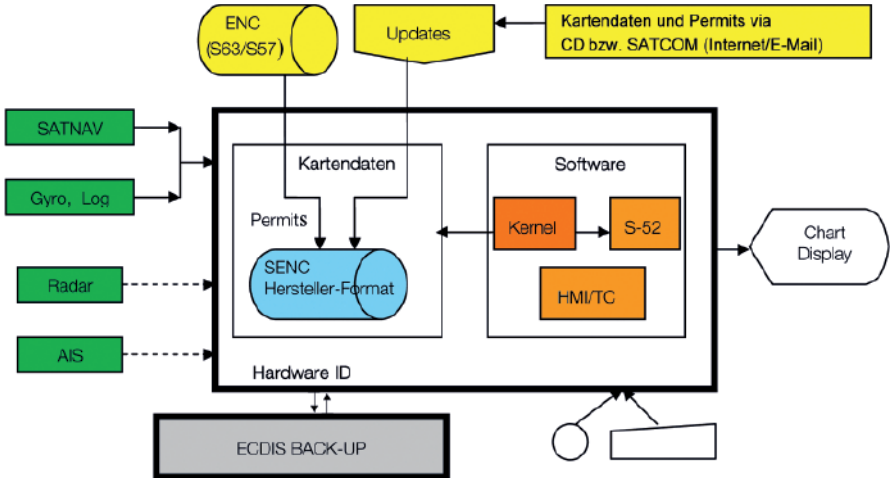


Abb. 4.1.1: ECDIS – Blockschaltbild mit ENC und SENC, Sensoren und Kommunikationswegen

Die elektronischen Kartendaten (Vektordaten mit Objekten und deren Attributen für das jeweilige Seegebiet) kommen im Normalfall verschlüsselt als „ENCs“ auf CDs an Bord. Mit Freischaltcodes (*Permits*) werden die Daten beim Einlesen in das jeweilige ECDIS („Hardware ID“) entschlüsselt und – zusammen mit anfallenden Berichtigungen (*Updates*) – gebrauchsfertig auf der Festplatte des Rechners abgelegt. Die ECDIS-Software enthält als Module die Kartenanzeigesoftware (*Kernel*; Funktionsbibliothek), die Darstellungsbibliothek für alle Symbole (*Presentation Library*) und die Bedienoberfläche (*HMI; Human-Machine-Interface*). Der *Kernel* ermittelt aus der SENC für jedes in dem dargestellten Seegebiet anzuzeigende Objekt das entsprechende Symbol und erstellt – je nach Nutzereinstellungen (Maßstab, relevante Objekte, Lichtverhältnisse) – aus den Objektdaten eine kontinuierliche grafische Seekarte. Alle Objekte und ihre Darstellung sind genormt. Zudem leistet die Software die verschiedenen ECDIS-Funktionen (Positionsanzeige, Reiseplanung, Alarme u. v. a.) wie sie in den *IMO Performance Standards for ECDIS* [4.1.4] festgelegt sind. Die Modularität von ENCs/SENC, Darstellungsbib-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

liothek, Sensoren und anderen Schiffsdaten ermöglicht die hohe Flexibilität von ECDIS für eine situationsgerechte Anzeige. Übergreifend ist für die Zulassung eines ECDIS gemäß *SOLAS* und für die praktische Anwendung wie folgt zu differenzieren:

- bei dem „Gerät“ (Hardware und Software) zwischen ECDIS und ECS,
- bei den Daten zwischen Vektor- und Rasterdaten sowie offiziellen und privaten Daten,
- bei den Betriebsmodi eines ECDIS zwischen ECDIS-Modus und RCDS-Modus.

Im Einzelnen bedeutet:

- **ECDIS:** Ein ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) erfüllt alle IMO-Anforderungen hinsichtlich Bauweise und Funktionalität. Es ist der Papierseekarte gleichgestellt und kann sie im Bordbetrieb vollständig ersetzen. Eine offiziell zugelassene Bordanlage ist z. B. mit dem *Wheel mark* als solche gekennzeichnet und mit entsprechender Dokumentation ausgestattet.
- **ECS:** Ein *ECS (Electronic Chart System)* ist ein elektronisches Seekartensystem, das die IMO-Anforderungen nicht erfüllt. Es darf nur als Zusatzsystem zur Papierseekarte genutzt werden. Manche ECS können ENCs nutzen. Die Bezeichnung ECS für diese Geräteklasse ist irreführend, da ein ECDIS eigentlich auch ein „elektronisches Seekartensystem“ ist, wenn auch mit höheren Anforderungen.
- **ENC:** Eine *ENC (Electronic Navigational Chart)* ist ein regional begrenzter Auszug aus einer offiziellen Datenbank digitaler Seekartendaten. Sie enthält Vektordaten, ist nach dem gültigen Standard der IHO (S-57) erstellt und wird i. A. zum Schutz gegen Veränderung und Raubkopieren verschlüsselt. ENCs werden auf CD und über das Internet ausgeliefert.
- **SENC:** Eine *SENC (System Electronic Navigational Chart)* ist die Transformation der ENC-Inhalte auf der Festplatte eines ECDIS. Sie beinhaltet die entschlüsselten und anhand der integrierten Updates aktuellen Kartendaten. Das interne herstellerspezifische („proprietäre“) SENC-Format erlaubt einen schnellen Aufbau der Seekarte auf dem Bildschirm.
- **RNC:** Eine *RNC (Raster Navigational Chart)* ist ein offizieller Datensatz für eine Rasterkarte, d. h. eine digitale Kopie einer Papierseekarte. RNCs haben eine geringere Funktionalität als ENCs, dürfen aber unter bestimmten Bedingungen im „RCDS-Modus“ offiziell für die Navigation genutzt werden.
- **S-57:** „S-57“ ist der zurzeit (2016) gültige Kartendatenstandard der IHO für ENCs. „S-57“ umfasst Objekte und Attribute in einem Objektkatalog, mit dem alle kartierten nautischen Informationen beschrieben werden. „S-57-Daten“ sind nicht notwendigerweise immer amtliche ENCs, da auch private Datenhersteller dieses Format benutzen.
- **S-52:** „S-52“ ist der Standard für die einheitliche grafische Darstellung der Objekte (*Colours and Symbols*, Texte) und beinhaltet die Darstellungsbibliothek (*Presentation Library*).
- **S-63:** „S-63“ ist der Standard für die Verschlüsselungstechnik für ENCs auf dem Weg vom Vertreiber zum ECDIS-Nutzer.
- **RCDS:** Ein ECDIS im RCDS-Modus (*Raster Chart Display System*) nutzt keine Vektorkarten (ENCs), sondern Rasterkarten (RNCs).
- **„Offizielle Daten“** werden von einer offiziellen Stelle (staatliche Behörde oder eine durch sie beauftragte Einrichtung, in der Regel ein Hydrografischer Dienst) herausgegeben.
- **„Private Daten“** stammen nicht aus einer offiziellen Quelle. Auch wenn sie vom Hersteller als S-57-Daten bezeichnet werden und gleichartig sein können (aber nicht immer sind), sind sie ohne Autorisierung der entsprechenden Behörde. Die technische Verwendung eines offiziellen Formates macht die Daten nicht offiziell.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.1.2 Zulassung und Vorschriften, Papierseekartenersatz

(1) International (IMO)

Die IMO (*SOLAS* V, Reg. 19) hatte zunächst den Flaggenstaaten die Akzeptanz von ECDIS als Seekarte unter bestimmten Bedingungen gestattet (Para. 2.1.4), später (2009) stufenweise greifende Ausrüstungsvorschriften erlassen (Para. 2.10). Es gilt:

ECDIS-Anerkennung

„2.1.4 All ships irrespective of size shall have nautical charts and nautical publications to plan and display the ship's route for the intended voyage and to plot and monitor positions throughout the voyage. An electronic chart display and information system (ECDIS) is also accepted as meeting the chart carriage requirements of this subparagraph. Ships to which paragraph 2.10 (s. u.) applies shall comply with the carriage requirements for ECDIS detailed therein".

ECDIS-Ausrüstungsvorschriften

„2.10 Ships engaged on international voyages shall be fitted with an Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) as follows:" (Inhalt siehe Tabelle 4.1.1)

All HSC	*2008; 2010*
Passenger ships of 500 GT and upwards constructed on or after 1 July 2012	*1 July 2012*
Tankers of 3,000 GT and upwards constructed on or after 1 July 2012	*1 July 2010*
Cargo ships, other than tankers, of 10,000 GT and upwards constructed on or after 1 July 2013	*1 July 2013*
Cargo ships, other than tankers, of 3,000 GT and upwards but less than 10,000 GT constructed on or after 1 July 2014	*1 July 2014*
Passenger ships of 500 GT and upwards constructed before 1 July 2012	*not later than the first survey* on or after 1 July 2014*
Tankers of 3,000 GT and upwards constructed before 1 July 2012	*not later than the first survey* on or after 1 July 2015*
Cargo ships, other than tankers, of 50,000 GT and upwards constructed before 1 July 2013	*not later than the first survey* on or after 1 July 2016*
Cargo ships, other than tankers, of 20,000 GT and upwards but less than 50,000 GT constructed before 1 July 2013	*not later than the first survey* on or after 1 July 2017*
Cargo ships, other than tankers, of 10,000 GT and upwards but less than 20,000 GT constructed before 1 July 2013	*not later than the first survey* on or after 1 July 2018*
Exemptions: Ships which will be taken permanently out of service within two years after the implementation date specified	

* MSC.1/Circ.1290

Tabelle 4.1.1: Die Ausrüstungsvorschriften für ECDIS

Für die Nutzung von ECDIS gelten im Wesentlichen folgende Bedingungen:

- Das ECDIS muss offiziell zugelassen sein. Bei der Baumusterprüfung werden Bauweise, technische und operationelle Funktionen der IMO-Leistungsnormen [4.1.4] sowie die korrekte Umsetzung der digitalen Daten (S-57; S-52) in der Seekartenanzeige geprüft.
- Für das betreffende Seegebiet müssen die neuesten Ausgaben offizieller ENCs mit aktuellen *Updates* benutzt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Es muss ein Ersatzsystem (*Back-up*) zur Verfügung stehen. Dieses muss ebenfalls die neuesten Kartenausgaben mit aktuellen *Updates* nutzen, die geplante Route enthalten und eine einfache Übernahme der Funktionen und Daten vom Primärsystem ermöglichen. In Frage kommen im Wesentlichen ein zweites ECDIS, Papierseekarten und ein *Chart Radar*.
– ECDIS darf RNCs nur dann benutzen, wenn von dem jeweiligen Seegebiet noch keine ENCs existieren (nicht: wenn sie nicht an Bord sind) und wenn zusätzlich ein „geeigneter" Satz von Papierseekarten benutzt wird.
– ECDIS muss an eine Notstromversorgung angeschlossen sein und einen Stromausfall von bis zu 45 Sekunden ohne Neustart verkraften.

Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, müssen offizielle berichtigte Papierseekarten als Primärsystem benutzt werden. In Gebieten ohne ENC-Bedeckung (ENC-Lücken) werden – zusätzlich zu den vorgeschriebenen Papierseekarten – in der Praxis RNCs oder private Daten benutzt.

In Tabelle 4.1.2 sind für die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten von Seekartensystem und Datentypen die Erfüllung des *SOLAS*-Status und die ggf. zu nutzenden Papierseekarten dargestellt.

System	*Up-to-date* Kartendaten	*SOLAS*-Status?	Zusätzlich erforderliche Papierseekarten
ECDIS	ENCs (Vektor)	ja	keine
ECDIS	RNCs (keine existierende ENC)	ggf.	*„appropriate Portfolio"*
ECDIS	RNCs (jedoch existierende ENCs)	nein	Vollständiger Satz
ECDIS	Private Daten (Vektor oder Raster)	nein	Vollständiger Satz
ECS	ENCs, RNCs oder private Daten	nein	Vollständiger Satz

Tabelle 4.1.2: Anerkennung elektronischer Seekarten nach IMO

Zu beachten: Wenn ein Schiff nur mit einem elektronischen System navigiert, das keinen vollen *SOLAS*-Status erfüllt, fährt es rechtlich ohne (!) jede Seekarte.

(2) Nationale Umsetzung – Deutschland als Flaggenstaat

In dem von der IMO gesteckten Rahmen haben einige Flaggenstaaten ECDIS bereits vor der Verabschiedung von Ausrüstungspflichten als offizielle Seekarte anerkannt. Die nationalen Auflagen unterscheiden sich im Wesentlichen in den Bedingungen für das *Back-up* und die Anzahl der zusätzlich benötigten Papierseekarten (*„Appropriate portfolio"*) bei Nutzung von RNCs. Deutschland erkennt ECDIS unter folgenden Bedingungen an:

– Baumustergeprüftes ECDIS,
– Offizielle aufdatierte ENCs für das zu befahrende Fahrtgebiet,
– RNC-Nutzung nur, wenn noch keine ENCs für das Seegebiet existieren und mit einem reduzierten (!) Satz von Papierseekarten (letztlich Entscheidung des Kapitäns),
– *Back-up*: Ein zweites ECDIS oder vollständiger (!) Satz aufdatierter Papierseekarten.

Sind die Bedingungen erfüllt, ist für das einzelne Schiff keine weitere Erlaubnis durch die Verwaltung notwendig. Wenn ein vollständiger Satz von Papierseekarten als Ersatzsystem mitgeführt wird, entfällt der reduzierte Satz bei der Nutzung von RNCs. Der ausführliche Text wird jeweils in der Ausgabe 1 der NfS veröffentlicht. Andere Flaggenstaaten stellen ggf. andere Bedingungen. Ein vollständiges Kompendium der Flaggenstaaten (Stand 2010) wird in *Facts about ECDIS* [4.1.5] wiedergegeben.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) Port State Control (Hafenstaatkontrolle)

Die Ausrüstung mit Seekarten wird mit der Hafenstaatkontrolle überprüft. Dafür wurden die Kontrollen in zusammenhängenden Seegebieten durch ein *Memorandum of Understanding* harmonisiert [4.1.6]. Beispiele: Europa und Nordatlantik (*Paris MoU*), Asien und Pazifik (*Tokyo MoU*). Die Überprüfung erstreckt sich nach dem *Paris MoU* i. W. auf die Zertifikate für

- die Zulassung von ECDIS als Primärsystem und
- die Ausbildung aller WOs durch sowohl *Generic ECDIS Training* als auch *Type-specific ECDIS Training*

und auf die Geräte, z. B.

- Gerätefunktionen (Karten laden, Route planen),
- Kartendaten (Vorhandene ENCs: Neueste Ausgabe, Berichtigungsstand, geeignete *Usage* für die geplante Reise),
- *Back-up*-System,
- Anschluss an die Notstromversorgung,
- Übereinstimmung von Sensordaten (Position, Radar) mit der ECDIS-Anzeige,
- Vorhandensein ausrüstungspflichtiger gedruckter oder digitaler Publikationen (Seehandbücher),
- Satz berichtigter Papierseekarten bei der Nutzung von RNCs.

4.1.3 Elektronische Kartendaten

(1) Electronic Navigational Charts (ENCs)

ENCs basieren auf offiziellen hydrografischen Daten. Sie unterliegen hinsichtlich Inhalt und Format dem internationalen Standard „S-57“, sind bezogen auf das Bezugssystem WGS-84 und werden mit offiziellen Updates (ebenfalls nach S-57) berichtigt. ENCs sind regionale Auszüge einer Datenbank mit geo-referenzierten Objekten, d. h. dieser Datensatz enthält alle navigatorisch relevanten Informationen in Form von Objekten und Attributen. Alle Objekte der Datenbank können individualisiert, identifiziert, analysiert und in den Navigationsprozess einbezogen werden. Sie sind dem System (semantisch) „bekannt“. ENC-Daten sind in gewisser Weise „intelligent“ – sie enthalten die Anwort auf die Frage „Was ist wo?“ in digitaler Form. Alle zu nutzenden ENC-Inhalte sind Geoinformationen mit explizitem Raumbezug, d. h. ihre geografische Position ist als Teil des Datensatzes gespeichert. ECDIS kann die ENC-Inhalte lesen und für bestimmte Anwendungen relevante Werte vergleichen. Die Struktur der ENC-Daten ermöglicht die hohe Flexibilität von ECDIS. Beispiele: Selektive Anzeige von Informationen (Objekte, Seegebiete, Tag/Nacht-Darstellung, …), Anzeige von Hintergrundinformationen (Tiefen, Namen, Eigenschaften, …), automatische Überwachungsfunktionen (Routencheck, Untiefenwarnung, …), automatische Anpassung der Karteninhalte an den eingestellten Anzeigebereich, einfache automatische Aufdatierung. Die wesentlichen Prinzipien der ENC-Struktur sind im Folgenden aufgeführt.

a) Vektordaten

Ein Vektor wird durch Anfangspunkt, Länge und Richtung (oder gleichwertig durch Anfangspunkt und Endpunkt) eindeutig definiert. Alle Zwischenpunkte sind damit festgelegt. Die geometrischen Grundelemente einer Karte (Punkte, Linien, Flächen) können durch Vektoren beschrieben werden: Ein Punkt als Vektor der Länge 0, eine Gerade als einfacher Vektor, eine gekrümmte Linie als Kette vieler ggf. kurzer aneinandergereihter Vektoren und eine Fläche als geschlossenes Polygon aus verketteten Vektoren. Diesen Geometrieelementen werden dann jeweils Punktobjekte (z. B. Tonnen), Linienobjekte (z. B. Tiefenlinien oder VTG-Grenzen) oder Flächenobjekte (z. B. Tiefenflächen oder VTGs) zugeordnet (Abb. 4.1.2).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

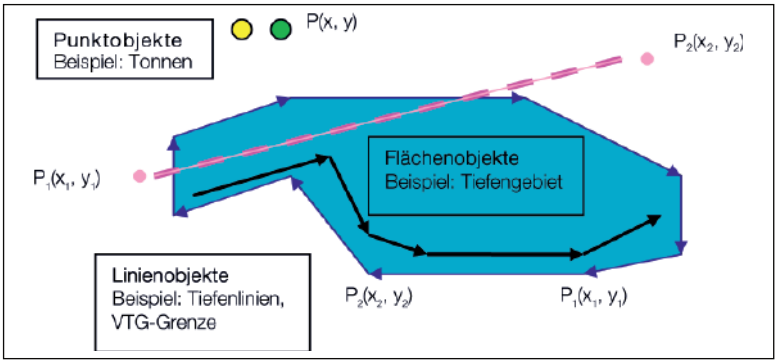


Abb. 4.1.2: Vektoren als geometrisches Grundelement für Punkt-, Linien- und Flächenobjekte

b) Objekt-Attribut-Struktur

Der ENC-Datensatz ist aus Objekten und deren Attributen aufgebaut. Der Standard S-57 (Version 3.1.3) enthält z. B. 163 Objektklassen und 192 Attributklassen. Objektklassen umfassen Punktobjekte (Leuchttürme, Tonnen, Einzellotungen, ...), Linienobjekte (Tiefenlinien, Radarlinien, Gebietsgrenzen, ...) und Flächenobjekte (Fahrwasser, VTGs, Tiefenflächen, Gebiete mit garantierten Tiefen, Reeden, ...). Attributklassen sind für die einzelnen Objekte unterschiedlich. Es wird unterschieden zwischen

- Attributen, die das reale Objekt beschreiben (Beispiele: Turmhöhen, Kennungen, Tiefen),
- Attributen für die Anzeige der Objekte in der Karte (z. B.: Mindestmaßstab *„SCAMIN“*) und
- Attributen für administrative Informationen (Vermessungsdatum).

Aus informationspraktischen (nicht navigationspraktischen) Gründen sind Toppzeichen und Lichter der Tonnen als eigene Objekte erfasst. Bei Kartentiefen unterschiedet man zwischen den Objektklassen Einzellotung (Beispiel: Tiefe = 8,9 m) und Tiefenfläche (Beispiel: Tiefenbereich = 10 – 20 m).

Beispiel: Eine Lateraltonne besitzt u. a. die Attribute Form (Spierentonne), Farbe (grün), Name („27“), Radarauffälligkeit (ja; Reflektor) und das Attribut *SCAMIN* (6000). Folglich wird die Tonne mit den genannten Eigenschaften angezeigt, jedoch nur dann, wenn der Kompilationsmaßstab der dargestellten Karte größer oder gleich 1:6000 ist, das angezeigte Gebiet also klein ist. Wird der Anzeigebereich vergrößert, d. h. der Maßstab auf z. B. 1:8000 oder sogar auf 1:25000 verkleinert, verschwindet die Tonne aus der Karte.

Zu beachten: Objekte werden also nicht jederzeit angezeigt, sondern nur wenn der Wachoffizier im geeigneten Maßstab fährt.

c) Objekt-Geometrie-Bezug

Alle ENC-Objekte und ihre Informationen sind geo-referenziert, d. h. sie enthalten einen inhaltlichen Teil (Objekt, Attribute, Hintergrundinformationen) und einen raumbezogenen Teil (Position, Richtung, Ausdehnung). Die Objekte sind quasi an der Geometrie „aufgehängt“ und über die Position „ansprechbar“. Wählt der Wachoffizier eine Position an (*Pick Report*; Kap. 4.1.5), durchsucht die ECDIS-Software die ENC-Datenbank nach allen relevanten Objekten, die dieser Position zugeordnet sind, und zeigt diese an. Dabei kommt es naturgemäß zur Überlagerung von Objekten (Objekte A, B, C in Abb. 4.1.3). Ebenso kann ECDIS über die Geometrie (Position, Ausdehnung) der Objekte einen Tiefenalarm für alle Einzellotungen, Tiefenlinien und Tiefenfläche erzeugen, die auf der Route des Schiffes liegen und deren Tiefenattribut den

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

eingestellten Mindestgrenzwert unterschreitet (*Attention: Approaching Wreck at Position LAT, LON*).

d) ENC-*Usages* und Bezeichnung

Alle ENCs sind einem bestimmten Anwendungszweck (*Usage*) zugeordnet, der dem dargestellten Seegebiet (von offener See bis zum Anlegen) und dem Kompilationsmaßstab der Zelle entspricht. Es sind sechs *Usages* definiert (Tabelle 4.1.3). Beispiele: Revierkarte (*Approach*), Küstenkarte (*Coastal*). ENCs gleicher *Usage* überlappen sich nicht, sondern schließen lückenlos aneinander an. Intern sind Karten verschiedener *Usages* übereinander gestapelt (Abb. 4.1.3). Je nach gewähltem Maßstab (*Range*) werden ENCs geeigneter *Usage* angezeigt (vgl. Kap. 4.1.5), d. h. die aktivierte ENC und damit der jeweilige Detaillierungsgrad hängen vom eingestellten Anzeigebereich ab. Die jeweiligen ENC-Grenzen sind in der Karte markiert. Jede ENC wird mit einem Code aus acht Zeichen bezeichnet (Tabelle 4.1.3). Die ersten zwei Zeichen kennzeichnen das Herkunftsland, das dritte Zeichen die *Usage*, die letzten fünf die ENC-Bezeichnung des jeweiligen hydrografischen Dienstes. Beispiele: Die Zellbezeichnung „DE3xxxxx“ kennzeichnet eine deutsche Küstenkarte, „GB5xxxxx“ eine britische Hafenkarte. Sind für ein entsprechendes Seegebiet nicht ausreichend ENCs mit entsprechender *Usage* verfügbar, müssen Papierkarten bzw. RNCs in entsprechendem Maßstab verwendet werden.

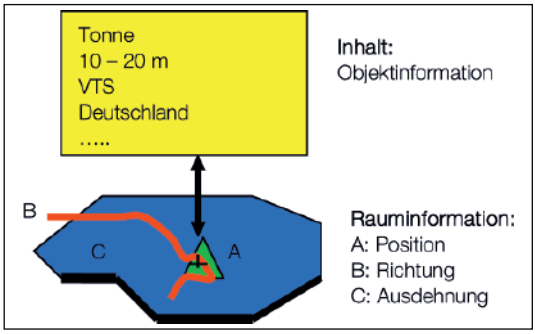


Abb. 4.1.3: Objekt-Raumbezug der ENC-Objekte: drei Objekte A, B und C an der Position „+“

Usage	Maßstabsbereich (etwa)	Anzeigebereich	Code	Beispiel
Overview	< 1:1 500 000	1000 – 200 nm	1	…
General	1:350 000 – 1:1 499 999	100 – 60 nm	2	US2…
Coastal	1:90 000 – 1:349 999	48 – 24 nm	3	FR3…
Approach	1:22 000 – 89 999	18 – 8 nm	4	DE4…
Harbour	1:4000 – 1:21 999	6 – 2 nm	5	GB5…
Berthing	> 1:4000	1,5 – 0,1 nm	6	JP6…

Tabelle 4.1.3: ENC-*Usages* (Zweck) nach Maßstab bzw. Anzeigebereich

ECDIS-Grenze: Die Struktur der ENC-Daten ermöglicht eine flexible Nutzung. ECDIS kann jedoch nur geplante und aktuelle Navigationsinformationen (Schiffsposition, Tiefgang …) mit den Eigenschaften der Objekte der Datenbank vergleichen und entsprechende Reaktionen (z. B. Alarme) produzieren. ECDIS zieht keine Schlüsse, wie ein Mensch dies tun könnte.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

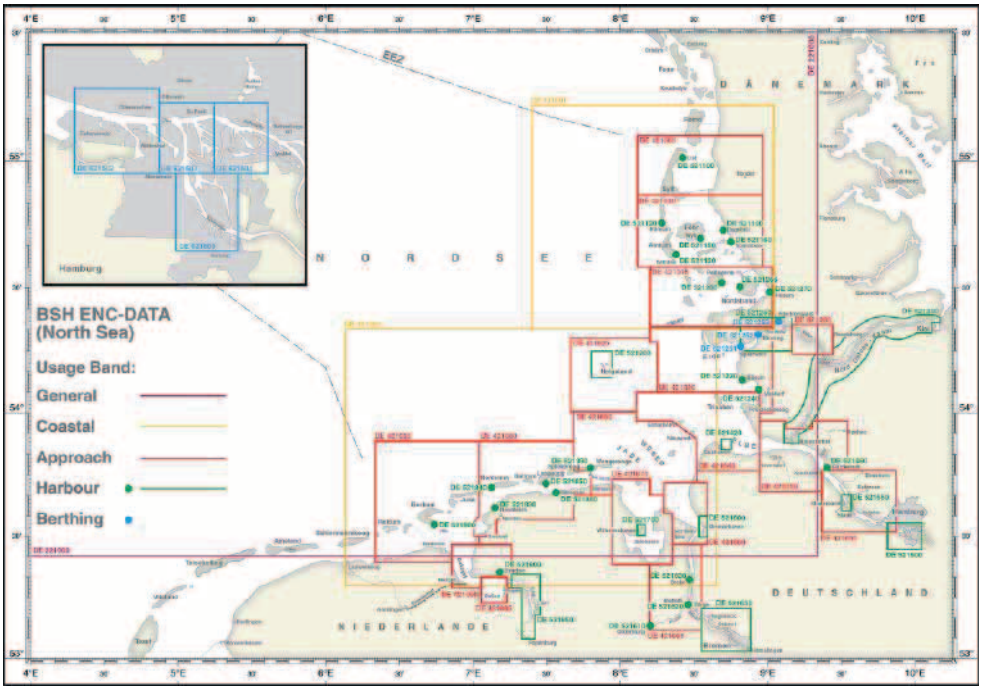


Abb. 4.1.4: Verfügbare ENCs eines Seegebietes der Nordsee mit den *Usages Coastal* (gelb), *Approach* (rot), *Harbour* (grün) und *Berthing* (blau) **Quelle: BSH**

(2) Raster Navigational Charts (RNCs)

Beim Scannen von Papierseekarten wird für jeden einzelnen Punkt die Position (x, y) mit der jeweiligen Farbe erfasst und digital für eine optimierte Bildschirmdarstellung nachbearbeitet (*Anti-aliasing*). Rasterkarten sind digitale, passive Kopien von Papierseekarten auf dem Bildschirm. „RNCs" sind offizielle Rasterkarten (Standard „IHO S-61"). Die wesentlichen Herstellerdienste für RNCs sind ARCS (Admirality Raster Chart Service; U.K. HO; weltweit) und NOAA (US). Die Bedeutung von Rasterkarten geht stark zurück.

a) Wesentliche Eigenschaften

Bei Rasterkarten erscheint die Karte in vertrauter Papierseekartendarstellung (Abb. 4.1.5). Die ECDIS-Software kann bei RNCs allerdings nur auf Pixelinformation zugreifen, nicht auf Informationen über Objekte. Konsequenz: Die Objekte können nicht identifiziert werden, Rasterkarten sind weniger „intelligent". Das führt zu begrenzter Funktionalität im Vergleich zu Vektorkarten. Eine Vergrößerung des Maßstabs durch den Nutzer erbringt keine neuen Detailinformationen. Vielmehr muss eine RNC anderen Maßstabs geladen werden. Die Schiffsposition wird wie bei ENCs automatisch und kontinuierlich angezeigt. Für eine korrekte Positionsanzeige enthalten RNCs als Meta-Daten Informationen über das Bezugssystem der zugrunde liegenden Papierseekarte. ECDIS passt das Bezugssystem der Rasterkarte automatisch an WGS-84 an. Der Nutzer muss sicherstellen, dass es keine Positionsfehler durch Diskrepanzen der Bezugssysteme (WGS-84, GPS-Empfängerausgang und Rasterkarte) gibt. Ein RCDS erlaubt die Anpassung an die Lichtverhältnisse durch entsprechende Farbpaletten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

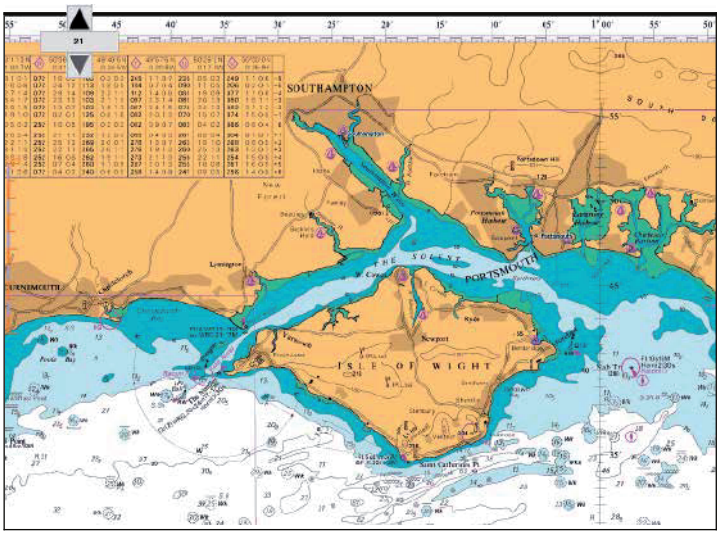


Abb. 4.1.5: Die Rasterkarte als digitale Kopie der Papierseekarte **Quelle: UKHO**

Function	*Paper chart*	*RCDS*	*ECDIS*
Position Display	*Manual only*	*Autom., real-time*	*Autom., real-time*
Automatic Route check	*Manual only*	-	+
Anti-grounding alarm	*Manual only*	-	+
Off-track alarm	*Manual only*	+	+
Add. object data	*- (List of Lights)*	-	*Pick Report*
Orientation	*North-up*	*North-up*	*North+Course-up*
Overlay Radar, AIS	-	+	+
Range change/Zoom	-	*Limited zooming*	*Detailed Info*
Up-dating	*Manual*	*Automatic*	*Automatic*

Tabelle 4.1.4: Vergleich der navigatorischen Funktionen von Papier-, Vektor- und Rasterkarten

Function	*Paper chart*	*RCDS*	*ECDIS*
Size	*Large*	*Small*	*Small*
Legibilty by resolution	*Excellent*	*Limit by monitor*	*Limit by monitor*
Legibility by overload	+	*Limited*	*Info selection*
Overview for planning	*Chart limits*	*Chart limits*	*No chart limits*
Geodetic datum	*60 different*	*Transf. to WGS84*	*WGS84*
Uniformity of display	*Often no Standard*	*2 nat. standards*	*Standard*
Uniformtity of units	*Often no Standard*	*Often not metric*	*Standard (m)*
Night use	*Passive light*	*Active light*	*Colour schemes*

Tabelle 4.1.5: Vergleich der kartografischen Eigenschaften von Papier-, Vektor- und Rasterkarten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Vergleich Vektor- und Rasterkarten

Die navigatorischen Unterschiede zwischen ENCs, RNCs und Papierseekarte sind in Tabelle 4.1.4 vergleichend zusammengestellt, die kartografischen Eigenschaften in Tabelle 4.1.5. Dabei sind die jeweiligen Vorteile in grüner, die Nachteile in roter Farbe markiert.

(3) Private Kartendaten

Neben offiziellen ENCs und RNCs gibt es in der Berufsschifffahrt und insbesondere in der Sportschifffahrt Vektor- und Rasterdaten privater Firmen. Mit privaten Daten werden häufig ENC-Lücken gefüllt. Private Daten haben teils S-57-Format, teils eigene Formate. Sie sind sehr unterschiedlich hinsichtlich Art, Herstellungssorgfalt und Qualität. Da sie erst nach Ausgabe des zugrunde liegenden offiziellen Kartenmaterials erstellt werden können, sind sie von verminderter Aktualität. Einige private Daten erscheinen den ENCs durchaus ähnlich. Inhalt, Vollständigkeit und Berichtigung werden jedoch nicht offiziell überwacht. Während die Verantwortung und Produkthaftung von offiziellen Daten bei dem jeweiligen Staat liegt, liegen diese bei privaten Karten beim Kartenhersteller. Beispiele:

– Private Vektorkarten: C-MAP (NT+), TRANSAS (TX-97), NAVIONICS (Gold, Platin),
– Private Rasterkarten: MAPTECH, MAPMEDIA, NDI.

Zu beachten: Die Nutzung von privaten Kartendaten als primäres Navigationssystem ist nicht erlaubt. Sie dürfen nur zusätzlich zu offiziellen Seekarten genutzt werden. Wegen des unzureichenden Status von RNCs und privaten Daten weist ECDIS den Nutzer durch eine kontinuierliche Anzeige darauf hin, wenn statt ECDIS offizielle Papierseekarten zu nutzen sind.

(4) Versorgung und Berichtigung von elektronischen Kartendaten

Alle Kartendaten der SENC müssen die neueste autorisierte Ausgabe sein und für die beabsichtigte Reise die offiziellen *Updates* enthalten. Vor der erstmaligen Datenlizensierung müssen die notwendigen Parameter (ECDIS-PIN; Hardware ID) zwischen ECDIS-Hersteller und Datenbezugsquelle ausgetauscht werden. Für die Nutzung benötigt man sowohl die Kartendaten als auch die zugehörigen Kartenschlüssel (*Permits*) für die ECDIS-Bordanlage.

ENC-Versorgung: Bezugsquellen von digitalen Daten sind Kartenhändler (*Providers, Distributors*), in seltenen Fällen die Datenerzeuger (hydrografische Dienste) selbst. Die hydrografischen Dienste übergeben die Daten i. A. offiziellen Datenzentren (*Regional Electronic Chart Coordinating Centres/RENCs*). Diese stellen die Daten für ihre Region zusammen und tauschen sie mit anderen RENCs aus, so dass alle RENCs weltweite Daten anbieten können. Beispiele für RENCs sind IC-ENC (Großbritannien) und Primar (Norwegen). RENCs liefern die Daten an Vertriebsstellen, welche die Daten nach den spezifischen Wünschen der Reederei oder des Schiffes (*„Pay as you sail“*) zusammenstellen und ausliefern. Einige Nationen verteilen ihre ENCs allerdings auf anderen individuellen Wegen (z. B. NOAA/USA und JHA/Japan). Für Nutzer und Vertriebsstellen stellt die IHO einen interaktiven Internet-Katalog zur Verfügung (www.iho.int; Rubrik *„ENC Availability“*), der den aktuellen Status der weltweiten ENC-Verfügbarkeit enthält (Seegebiete; Vertriebsstellen) und eine gewisse Funktionalität besitzt. Die Kartenliste wird nach den Datenformaten, die ein ECDIS/ECS lesen kann und den für das entsprechende Seegebiet verfügbaren Kartentypen nach Katalog erstellt. Die ENCs werden derzeit auf CDs postalisch an Reederei oder Schiff zugestellt, die *Permits* ggf. über Internet/E-Mail an Bord übertragen.

ENC-*Updating*: Die ENC-Bestellung beinhaltet meist einen einjährigen Berichtigungsservice. Die Versorgung mit regelmäßigen *Updates* erfolgt im Wesentlichen wie die Versorgung mit ENCs. Sie kommen etwa mit der Häufigkeit der Ausgabe von *Notice to Mariners*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(z. B. wöchentlich) auf einem Datenträger (CD) oder zunehmend über SATCOM (E-Mail; Web; *Broadcast*) an Bord. Die *Updates* beinhalten sowohl Neuausgaben von ENCs als auch Berichtigungen für die anderen ENCs. Die *Updates* zwischen zwei Neuausgaben einer ENC sind sequenziell und kumulativ. Sind die zugehörigen ENC-*Permits* nicht an Bord oder abgelaufen, können sie bestellt und z. B. als Anhänge zu E-Mails an Bord empfangen werden. Es sind – wenn nötig – zuerst die *Permits* einzulesen, anschließend die *Updates*. ECDIS überprüft dabei, ob alle *Updates* lückenlos und nicht doppelt eingespielt werden und fügt sie automatisch in die SENC ein. Es gibt Systeme, die während des Einspielens von Kartendaten einsatzbereit sind.

ENC-Verschlüsselung: Jede ENC ist (im Normalfall) mit einem eigenen Schlüssel verschlüsselt (IHO Standard „S-63“). Damit wird sichergestellt, dass es sich um offizielle, authentische und „nicht-korrupte“ Vektordaten handelt und dass die Daten nicht illegal kopiert werden können. Der Nutzer erhält den *Decryption Key* jeder Zelle als *Permit*. Die ECDIS-Software enthält Entschlüsselungsprozeduren, die beim Einlesen die ENCs in das interne hersteller-spezifische SENC-Format umwandeln. Dieser Vorgang kann eine beträchtliche Zeit in Anspruch nehmen. Es gibt Systeme, die während des Einspielens von Kartendaten einsatzbereit sind.

***Update*-Liste:** ECDIS dokumentiert die *Updates* jeder einzelnen ENC. Mit Hilfe der *Update*-Liste können sowohl Navigationsoffiziere als auch die Hafenstaatkontrolle den Berichtigungsstand der ENCs an Bord einsehen. Ein einheitliches Berichtigungsdatum aller (!) ENCs kann u. a. auf fehlendes Berichtigen hinweisen. Im Einzelfall können Daten für einzelne Objekte vom Nutzer auch manuell – und als solche gekennzeichnet – berichtigt werden.

SENC-Verteilung: Zusätzlich zum ENC-Vertrieb existiert ein SENC-Vertrieb, bei dem zertifizierte Karten-Vertreiber die ENC-SENC-Umwandlung in das ECDIS-Herstellerformat an Land vornehmen und die SENC-Daten an den Nutzer liefern (SENC *distribution*). Dazu bedarf es der Erlaubnis der ENC-Hersteller. Durch die Vorkonvertierung wird der langwierige Konvertierungsprozess beim Import von Kartendaten in das ECDIS vermieden. ECDIS erkennt, wenn die gelieferte SENC auch Daten aus „nicht-offiziellen“ ENCs enthält und gibt in diesem Fall einen entsprechenden Hinweis, dass Papierseekarten benutzt werden müssen.

4.1.4 ECDIS-Funktionen (Übersicht)

Ein ECDIS enthält eine Vielzahl von Funktionen. Eine gewisse Systematik besteht darin, zwischen Kartenmanagement (*Chart Handling*), kartenaufgabenbezogenen Funktionen (*Chart Work*), Planungsfunktionen (*Voyage Planning*) und Reiseüberwachung (*Voyage Monitoring*) zu unterscheiden (Tabelle 4.1.6). Die verschiedenen ECDIS-Systeme besitzen mehr oder weniger verschiedene Bedienoberflächen. Es wird die in Tabelle 4.1.7 wiedergegebene Grundeinstellung bzw. Rückfalleinstellung empfohlen, die für ein ECDIS als Teil eines INS (Kap. 6.1) sogar vorgeschrieben ist. Einzelheiten über eine sichere und optimale Bedienung sind den jeweiligen Bedienungsanleitungen der Hersteller zu entnehmen. Im Folgenden werden nicht alle Funktionen, sondern die wesentlichen Grundprinzipien der ECDIS-Bedienung und ECDIS-spezifische Möglichkeiten und Grenzen erläutert, die zu einer sicheren Bedienung notwendig sind. Zahlreiche Funktionen und Alarme von ECDIS können nur mit Struktur und Eigenschaften von ENC-Daten erklärt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Chart				Planning		Monitoring	
Chart Handling	**Chart Work**	**Colours, Symbols**	**Chart Settings**	**Con-struction**	**Activate**	**Voyage**	**Reset/ Prediction**
S 57	*Range*	*Traditional Symbols*	*Display Category*	*Create WP*	*Select Route*	*Next WPs*	*Frame Size*
ARCS	*VRM/ EBL*	*Day Bright*	*Safety Contour*	*Create Leg*	*Check Route*	*Activate WP*	*Frame Position*
Select Area	*Reference Point*	*Day Whiteback*	*2 Depth Shades*	*Insert WP*	*Release Leg*	*Safety Values*	*Frame Auto*
View Updates	*Position Fix*	*Day Blackback*	*Spot Soundings*	*Move WP*	*Clear Route*	*Pasttrack*	*Prediction ON*
Apply Updates	*Dividers*	*Dusk/ Dawn*	*Lights*	*Edit legs and WPs*	*Clear Highlights*	*Alert Settings*	*Prediction Time*
Read Permits	*Manual Update*	*Night*	*Course-up*	*Show all Legs*	*WP List*	*Alert Messages*	*Curved Headline*
Import Charts	*Notes*	*Chart 1*	*Position Sensors*	*Show XTD Limits*	*Load Route*	*Ship Symbol*	
Read CDROM	*Line of position*		*Dead Reckoning*	*Radius of Turn*	*Route Manager*	*Position Offset*	
Delete charts	*Erase*		*Radar Overlay*	*Remove WP, Leg, All*		*ETA*	*Reset*
			AIS Targets	*Defaults*		*Pasttrack List*	*Quit ECDIS*

Tabelle 4.1.6: Übersicht über ECDIS-Funktionen und typische Menü-Struktur (WP = Way point)

Funktion	Einstellung
Informationsmenge *(Display category)*	*Standard Display*
Angezeigtes Seegebiet *(Selected sea area)*	Um Eigenschiff mit geeigneter Voraussicht
Anzeigebereich *(Range)*	3 sm
Darstellungsart/Orientierung *(Orientation)*	*True motion*/Nord-stabilisiert
Manuelle Berichtigungen *(Manual updates)*	Wenn vorhanden
Nutzernotizen *(Operator's notes)*	Wenn vorhanden
Positionssensor *(Position sensor)*	GNSS (Satellitennavigationsempfänger)
Vergangenheitsspur *(Past track)*	„Ein“
Aktive Route *(Selected route)*	Zuletzt aktive Route mit Routenparametern
Vorauswarnzeit *(Look-ahead time)*	6 Minuten

Tabelle 4.1.7: Empfohlene Standard-Voreinstellungen und Rückfalleinstellungen

4.1.5 Funktionen zur Kartendarstellung

(1) Anzeige von Objekten

Der Wachoffizier kann die Anzeige bzw. Nicht-Anzeige von Objekten beeinflussen:

a) durch Auswahl einer *Display Category* (Abb. 4.1.6)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– „*Display Base*“ (Minimum an Informationen; für die Navigation i. A. nicht geeignet),
– „*Standard Display*“ (Mittlere Informationsdichte, z. B. Fahrwassergrenzen) oder
– „*All Information*“ (z. B. Einzellotungen, Kabel; führt häufig zu Informationsüberflutung);

b) durch Verkleinern des Anzeigebereichs (Vergrößern des Maßstabs; s. u.) und
c) durch gezielte Anwahl einzelner Objektklassen und Namen von Objekten.

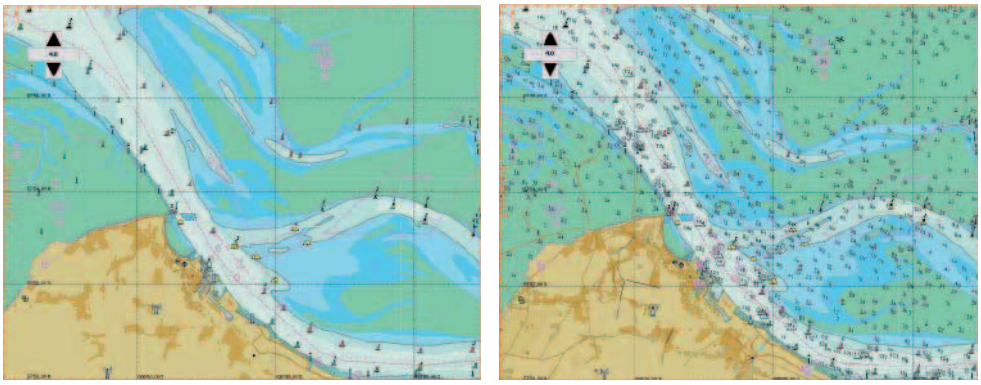


Abb. 4.1.6: Display-Kategorien *Standard Display* und *All Other Information* bei gleichem Maßstab
Quelle: BSH

(2) Anzeigebereich und Maßstab

Der Anzeigebereich (*Range*) und damit der Maßstab können in angemessenen Schritten verändert werden. Der Anzeigebereich entscheidet einerseits über den Überblick, den die Karte bietet, andererseits über den Detailreichtum. Bei kleineren Anzeigebereichen werden automatisch mehr Detailinformationen angezeigt. Eine Tonne wird z. B. in kleineren Bereichen angezeigt, in größeren nicht (Abb. 4.1.7). Das wird sowohl über die *Usage* der aktuell angezeigten ENC als auch durch das Attribut *SCAMIN* der Tonne geregelt (Kap. 4.1.3).

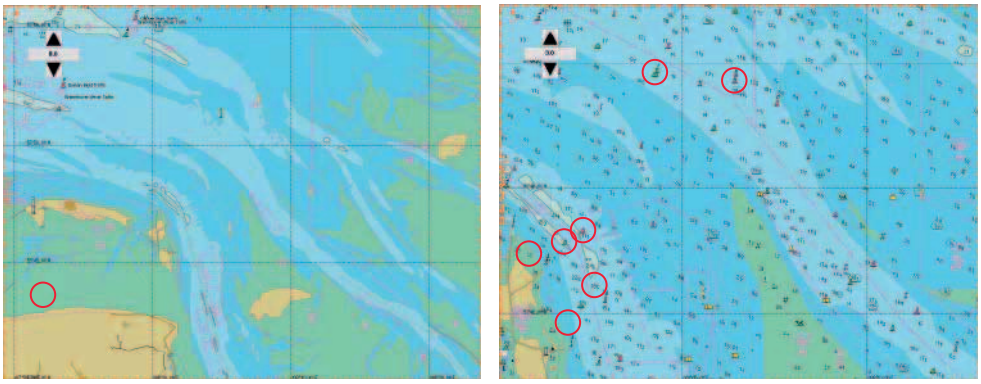


Abb. 4.1.7: Karten verschiedener *Ranges* (*Usages*, Maßstäbe) bei gleicher *Display Category* mit unterschiedlicher Anzeige der Tonnen. Links: 8 sm; rechts: 3 sm
Quelle: BSH

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zu beachten: Um Fehlinterpretationen durch ungeeignete Anzeigebereiche zu vermeiden, erscheinen im ECDIS-Display entsprechende Hinweise:

- Im *Underscale*-Modus zeigt ein eingeblendeter Rahmen, dass für das entsprechende Seegebiet eine ENC in besserem Maßstab vorhanden ist (Abb. 4.1.8). Der Wachoffizier kann diese durch Verkleinerung des Anzeigebereiches anzeigen lassen.
- Im *Overscale*-Modus zeigt eine Schraffierung, dass die ENC in größerem Maßstab genutzt wird als vorgesehen. Auch bei weiterer Verkleinerung des Anzeigebereiches werden keine weiteren Details erscheinen. Außerdem darf die Genauigkeit der Karte nicht überbewertet werden (Abb. 4.1.9).

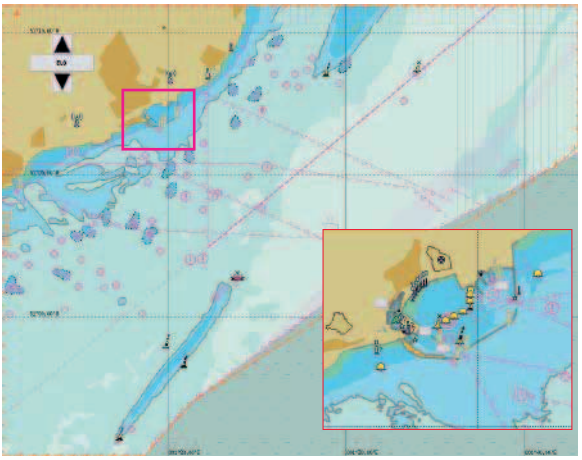


Abb. 4.1.8: *Underscale*-Modus: Karte im besseren Maßstab (kleines Bild) verfügbar, aber nicht aktiviert Quelle: UKHO

- Gebiete, für welche keine ENCs mit geeignetem Maßstab verfügbar sind, sondern nur RNCs oder private Daten, sind als solche in der Karte markiert (Abb. 4.1.10).

(3) Tiefeninformationen

Tiefeninformationen werden als Einzellotung (Anzeige: schwarz, wenn flacher als die wählbare *Safety Depth*; sonst grau), als Tiefenlinie (wie in der Datenbank abgelegt) und als Tiefenfläche (*Shallow*, *Non-navigable*, *Navigable*, *Deep*; Abb. 4.1.11) angezeigt. Die entsprechenden Übergangswerte können vom Wachoffizier eingestellt werden, soweit sie in der ENC verfügbar sind. Bei Bedarf können anstelle von vier verschiedenen Tiefenflächenbereichen auch nur zwei (sicheres Wasser, unsicheres Wasser) eingestellt werden. Eine besondere Rolle nimmt die *Safety Contour* ein, die der Nutzer wählen kann. Sie dient als Warnkriterium, wenn ein Schiff innerhalb einer voreingestellten Warnzeit diese überfahren sollte.

Abb. 4.1.9: *Overscale*-Modus: Keine weiteren Details, Genauigkeit nicht vertrauenswürdig Quelle: BSH

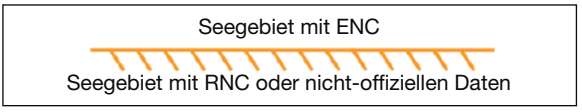


Abb. 4.1.10: Kennzeichnung von ENCs und anderen Daten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

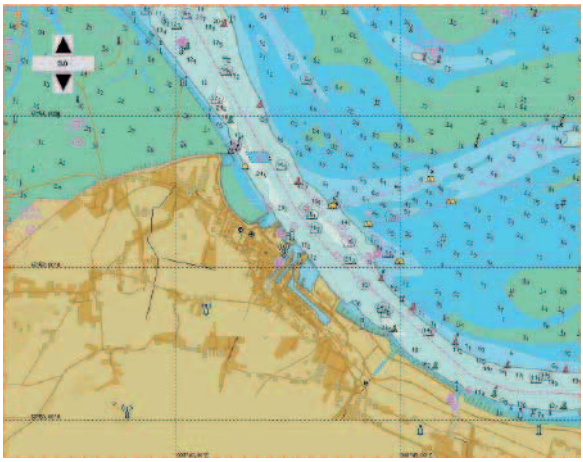


Abb. 4.1.11: Tiefeninformationen: Flächen, Linien, Lotungen, *Safety Contour* (dunkle Tiefenlinie) und garantierte Fahrwassertiefen (Punktschraffur) Quelle: BSH

Grenze von ENC-Daten: ECDIS kann nur auf solche Objekte zugreifen, die explizit im Datensatz der ENC enthalten sind. Beispiel: Als *Safety Contour* kann nur eine Tiefenlinie gewählt werden, die in der jeweiligen ENC vorhanden ist (5, 10, 20 m o. a.). Es ist nicht möglich, die für ein Schiff wünschenswerte *Safety Contour* von z. B. 13,5 m einzustellen, da ECDIS nicht zwischen den 10 und 20 m-Tiefenlinien interpolieren kann (Abb. 4.1.12). Versucht der Wachoffizier es trotzdem, erscheint ein Hinweis *„The selected safety contour of 13.5 m is not available in this chart"* und die sicherere (nächst tiefere!; z. B. 20 m) Tiefenlinie wird als *Safety Contour* genommen. Entsprechendes gilt für alle Tiefenlinienobjekte.

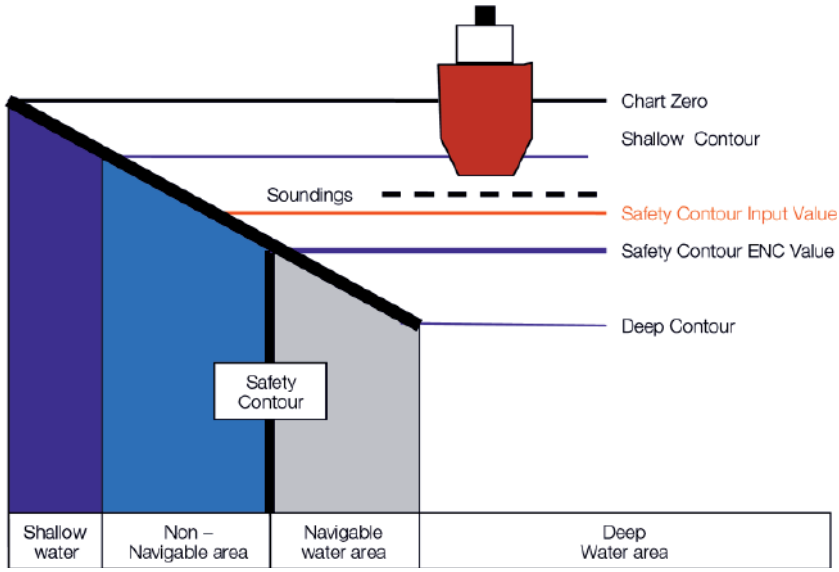


Abb. 4.1.12: Tiefenflächen, Tiefenlinien und Einzeltiefen

(4) Gebiete, für die besondere Bedingungen gelten

ECDIS erkennt die in Tabelle 4.1.8 aufgeführten Gebiete, für die besondere Bedingungen gelten. Beispiel: Verkehrstrennungsgebiete (VTG). ECDIS weist auf deren Existenz durch einen entsprechenden Alarm oder Hinweis hin, wenn das Schiff sich nähert oder darin befindet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Grenze von ECDIS: ECDIS gibt weder eine Warnung, wenn sich das Schiff in diesem Gebiet falsch verhält, noch aktuelle situationsbezogene Verhaltensregeln. Beispiel: ECDIS könnte aufgrund seiner Sensorwerte erkennen, wenn ein Schiff ein „Geisterfahrer" in einem VTG ist oder ein Fahrwasser regelwidrig kreuzt. Da aber das Verhalten des Wachoffiziers situationsabhängig sein muss (Überholen; Stromabtrift) und Grenzwerte für Regelabweichungen nicht a-priory festgelegt werden können, gibt ECDIS keine Verhaltensregeln in Form von Erfahrenswissen und Daumenregeln.

– Traffic separation zone
– Inshore traffic zone
– Restricted area
– Caution area
– Off-shore production area
– Areas to be avoided
– User defined areas to be avoided
– Military practice area
– Sea plane landing area
– Submarine transit lane
– Anchorage area
– Marine farm/agriculture
– PSSA (Particularly Sensitive Sea Area)

Tabelle 4.1.8: ECDIS-Gebiete mit besonderen Bedingungen

(5) Hintergrundinformationen (*Pick Report*)

Um die Karte von im Normalfall nicht benötigten, im Sonderfall aber notwendigen Informationen zu befreien, werden viele Informationen der Datenbank nicht grafisch angezeigt, sondern bei Bedarf durch den *Pick Report* abgefragt. Wählt der Nutzer mit dem Cursor eine Position an (*Pick*), werden die betroffenen Karten-Objekte über die Position identifiziert. ECDIS zeigt dann für diese Position die relevanten Informationen über die Objekte und ihre Attribute an (Kap. 4.1.3). Wählt man beispielsweise die Position einer Tonne, so werden die an diese Position geknüpften relevanten Objekte mit ihren Attributen im *Pick Report* angezeigt: Attribute der Tonne, des Toppzeichens, des Feuers sowie alle anderen Objekte wie Einzeltiefe oder Tiefenbereich, besondere Gebiete, Radarbereich u. a. (Abb. 4.1.13). Ein *Pick Report* zeigt nicht nur die realen Eigenschaften von realen Objekten, sondern in Form von zusätzlichen Texten und Bildern auch Gültigkeitsbereiche, Vorschriften und Meldepflichten, Gezeiten- und Stromwerte sowie ggf. Kommunikationskanäle.

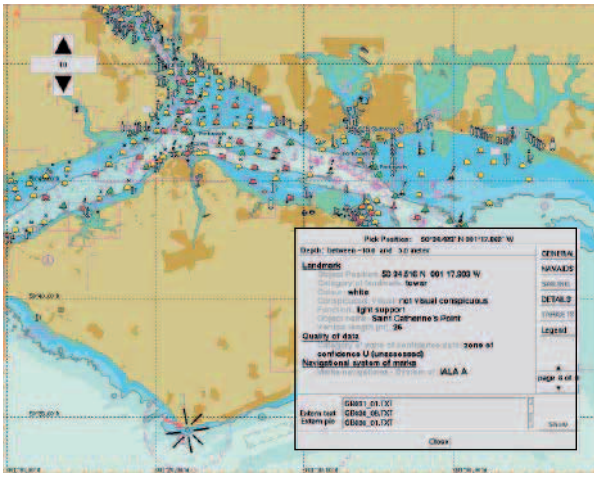


Abb. 4.1.13: ECDIS-Hintergrundinformation durch den *Pick Report* **Quelle: UKHO**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(6) Konventionelle Kartenfunktionen (*Chart Work*)

Da die Nutzung von ECDIS mit seinen automatischen Anzeigen, Warnungen und Funktionen den Wachoffizier zu alleinigem Verlass auf ECDIS-Navigation verführen kann, ermöglicht ECDIS – als Äquivalent zur Papierseekarte – die aus der Papierseekarte bekannten manuellen Arbeitsvorgänge. Der sichere Umgang mit ECDIS erfordert vom Wachoffizier, dass er diese im Bedarfsfall, z. B. zur Positionsüberprüfung oder bei einem GPS-Ausfall, anwenden kann. Beispiele: Konstruktion einer Standlinie, Eintragen einer Schiffsposition, Zeichnen von Sicherheitsgrenzen, Anbringen von Notizen („Lotse 16:45 Uhr"). Tabelle 4.1.9 enthält die zum System gehörigen navigatorischen Funktionen, Elemente und Parameter [4.1.4].

- *Past track with time marks*
- *Vector for course and speed made good*
- *Variable range marker and electronic bearing line*
- *Cursor, Events*
- *Dead reckoning position and time (DR)*
- *Estimated position and time (EP)*
- *Fix and time, Position line and time*
- *Transferred position line arid time*
- *Predicted tidal stream or current vector*
- *Measured tidal stream or current vector*
- *Danger highlight, Clearing line*
- *Planned course and speed to make good*
- *Waypoints, Distance to run*
- *Planned position with date and time*
- *Visual limits of lights arc (rising/dipping range)*
- *Position and time of „Wheel over"*

Tabelle 4.1.9: ECDIS-relevante navigatorische Funktionen, Elemente und Parameter

4.1.6 Funktionen zur Reiseplanung

(1) Routenkonstruktion

Die Reiseplanung beginnt mit der Informationsbeschaffung und Vorbereitung (Kap. 1). Die praktische Durchführung mit einer elektronischen Karte ist sehr einfach: durch Markieren (*Click-and-drop*) von Wegpunkten in der Karte. Das ECDIS verbindet die Wegpunkte zu *Legs* (Bahnabschnitten) mit geradlinigen und gekrümmten Elementen, wobei in den Kurven die Manövriereigenschaften des Schiffes berücksichtigt werden. Eine geplante Route kann grafisch (mit dem Cursor) und alpha-numerisch (Editieren der Wegpunkte) durch Hinzufügen, Löschen und Verschieben von Wegpunkten verändert werden. Es können stets mehrere Routen geplant werden. Die zu fahrende Route muss aktiviert werden. Sie wird als solche gekennzeichnet dargestellt. Für die Reiseplanung sind jeweils die Karten mit dem am besten geeigneten Maßstab (z. B. dem größten) zu nutzen.

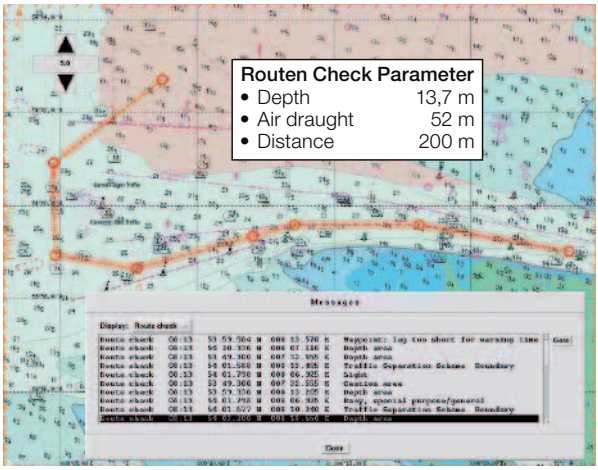


Abb. 4.1.14: Parametrierung und Gefahrenhinweise beim Routencheck **Quelle: BSH**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Routencheck

Vor dem Abfahren der Route sollte diese in verschiedenen (insbesondere großen) Maßstäben visuell überprüft werden. Anschließend wird der automatische Routencheck (Abb. 4.1.14) aktiviert. Dabei sind folgende Parameter situationsgerecht einzustellen:

– Tiefgang des Schiffes und Wert der *Safety Contour*,
– erlaubter Passierabstand von Einzelgefahrenstelle, Seezeichen oder kritischem Gebiet,
– minimale Radien für das radius-konstante Fahren (abhängig von der Geschwindigkeit).

Waypoint	*Latitude*	*Longitude*	*DTG [nm]*	*Track [°]*	*TTG [h]*	*Radius [nm]*	*Warn [min]*	*Type*	*Speed [kts]*
WP_001	*54 03.1 N*	*008 08.7 E*	-	-	-	-	-	-	-
WP_002	*54 02.0 N*	*008 04.6 E*	*2.6*	*246.0*	*0:15*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_003	*53 59.4 N*	*008 04.8 E*	*2.6*	*177.8*	*0:15*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_004	*53 59.2 N*	*008 08.1 E*	*2.0*	*95.6*	*0:11*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_005	*53 59.6 N*	*008 13.4 E*	*3.1*	*83.6*	*0:18*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_006	*53 59.6 N*	*008 18.0 E*	*2.7*	*90.5*	*0:16*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_007	*53 57.8 N*	*008 34.8 E*	*10.1*	*99.9*	*1:00*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_008	*53 57.1 N*	*008 38.1 E*	*2.0*	*112.4*	*0:12*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_009	*53 56.2 N*	*008 39.5 E*	*1.2*	*134.9*	*0:07*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_010	*53 52.6 N*	*008 42.8 E*	*4.1*	*152.0*	*0:24*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_011	*53 50.6 N*	*008 46.6 E*	*3.0*	*131.7*	*0:18*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_012	*53 50.4 N*	*008 47.6 E*	*0.6*	*106.9*	*0:03*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
WP_013	*53 50.3 N*	*008 50.7 E*	*1.9*	*92.3*	*0:11*	*0.5*	*5.0*	*RL*	*10.0*
				-----		------			
				36.0		*3:35*			

Tabelle 4.1.10: Wegpunktliste zum Editieren und Archivieren

Es erfolgt ein warnender Hinweis, wenn die geplante Route über die *Safety Contour* und durch ein Gebiet mit besonderen Eigenschaften (Tiefenfläche, VTG, …) führt und zu dicht an einem kritischen Objekt (Einzelgefahr, …) vorbeiführt. Alle ggf. kritischen Funktionen oder Objekte werden in einem *Message Window* und/oder direkt im ECDIS-Display – im entsprechenden Anzeigebereich – angezeigt. Zur Vervollständigung der Reiseplanung sind noch einzustellen bzw. in der Karte zu erzeugen:

– der Grenzwert für die erlaubte Querablage (*Off-track Alarm*),
– die Zeit für die Ankündigung des nächsten *Wheel-over* vor einem Wegpunkt sowie
– Textnotizen (z. B. „bis 16:00 Uhr passieren“) und grafische Objekte (z. B. „Gebiet meiden“).

Gewisse Probleme bzw. unerwünschte Effekte können bei Flächenobjekten (z. B. Tiefenflächen) und multiplen Objekten an der gleichen Position auftreten (z. B. Tonne und Topzeichen).

(3) Wegpunktliste und Routenmanagement

Hat der Nautische Offizier alle warnenden Hinweise überprüft und eine Route als sicher akzeptiert, wird die Wegpunktliste (*Waypoint List*) mit den geplanten Streckenabschnitten und Reisezeiten als Dokument über die durchgeführte Reiseplanung (*ISM Code*) erstellt, ggf. noch editiert und im Normalfall ausgedruckt und archiviert (Tabelle 4.1.10). Die Route bleibt auch beim Löschen auf dem Bildschirm in der Routenbibliothek vorhanden. Sie kann bei Bedarf auf ein anderes ECDIS übertragen werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.1.7 Funktionen zur Reiseüberwachung (*Route Monitoring*)

(1) Notwendige Einstellungen

Bei der Reiseüberwachung wird normalerweise das Seegebiet um das Schiff angezeigt. Die Karte wird automatisch mitgeführt. Der Wachoffizier muss im Wesentlichen folgende Einstellungen vornehmen:

- Anzeigebereich/Maßstab (geeignete Übersicht, situationsgerechte notwendige Details),
- Schiffssymbol (Doppelkreis als Fehlerkreis oder skaliertes Schiffssymbol),
- Position und Größe des Rückstellfensters (*Frame*) für optimale Voraussicht,
- Nordstablisierte *True motion*-Darstellung (Bei Bedarf: Kursstabilisierte Darstellung),
- Grenzwerte für Tiefenanzeigen (*Shallow Contour, Safety Contour, Deep Contour*, Lotungen),
- Anpassung der Bildschirmfarben an die Lichtverhältnisse: Tag, Nacht, Dämmerung,
- Ggf. Grenzwerte für ECDIS-Alarme und Bahnregelungsalarme (s. u.).

(2) Visuelle Reiseüberwachung

Die geplante Bahn (Sollbahn), die aktuelle Schiffsposition (in „Echtzeit“ mit nur geringer Verzögerung durch die Filterung) und die Schiffsbewegung über Grund (Vektor COG/SOG) werden kontinuierlich und automatisch angezeigt. Der Wachoffizier muss überwachen, ob das Schiffssymbol sich auf der Sollbahn oder mindestens in dem ebenfalls angezeigten Toleranzbereich bewegt (Grenzwert *Cross Track Limit*). Die Positionsbestimmung muss allerdings stets kritisch hinterfragt werden. Besteht Unsicherheit über die Position, sollte – mindestens kurzfristig – das Radarbild zur Positionskontrolle überlagert werden (Kap. 4.1.8). Die Anzeige von Vergangenheitspositionen (*Past Tracks*) erlaubt eine gewisse Überwachung des Schiffsweges, insbesondere wird ein Positionssprung des Systems sofort erkennbar. Die nächste anstehende Kursänderung wird durch die Ruderlegelinie (*Wheel-over*) und die Wegpunktdaten (*TO WAYPOINT*) mittels *Distance to Go* und *Time to Go* angezeigt. Der Anzeigebereich sollte den aktuellen Bedürfnissen (Hafen, Revier, Küste, See) angepasst werden. Ist der Anzeigebereich zu groß, erscheint die *Underscale*-Markierung (magenta Rahmen) und der Anzeigebereich ist zu verkleinern. Ist der Anzeigebereich zu klein, erscheint die *Overscale*-Markierung. Der Anzeigebereich kann dann ohne Infomationsverlust wieder vergrößert werden.

Zu beachten: Die Anzeige der Schiffsposition in der ECDIS kann nur so genau sein wie die Genauigkeit des verwendeten Positionssensors (Kap. 3.1.3).

(3) Zusätzliche aktive Bahnkontrolle

Im Bedarfsfall stehen folgende Hilfsmittel/Prozeduren zur Reiseüberwachung zur Verfügung:

- Anzeige alternativer Routen und Modifizierung der Route,
- Kontrolle der Schiffsposition durch Standlinienkonstruktion (*Line of Position*, EBL, VRM),
- manuelle Verschiebung der Schiffsposition (OFFSET; große Vorsicht!),
- Eintragen einer extern ermittelten Schiffsposition (z. B. durch astronomische Navigation),
- Ereignismarkierungen.

Die Nutzung dieser Funktionen erfordert eine gewisse Übung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) Automatische Reiseüberwachung (ECDIS-Alarme)

Während der Reise können – bei entsprechender Einstellung der Grenzwerte – Alarme (akustisch und visuell) oder Hinweise (nur visuell) auftreten. Beide sind in Tabelle 4.1.11 zusammengefasst. Als Beispiel zeigt Abb. 4.1.15 die Parametrierung des *Look-ahead*-Alarms und eine ECDIS-Alarmliste. Die Alarme/Hinweise treten auch auf, wenn die Seekarte nicht das eigene Schiff enthält oder der Maßstab so eingestellt ist, dass die verursachenden Objekte nicht angezeigt werden. Vielmehr erfolgen die Alarme stets auf der Basis der ENC (für das jeweilige Gebiet) mit dem größten Maßstab. Der *Off-track*-Alarm ist auch bei Rastersystemen möglich, da die Querabweichung von der Sollbahn nicht auf ENC-Objekte bezogen ist.

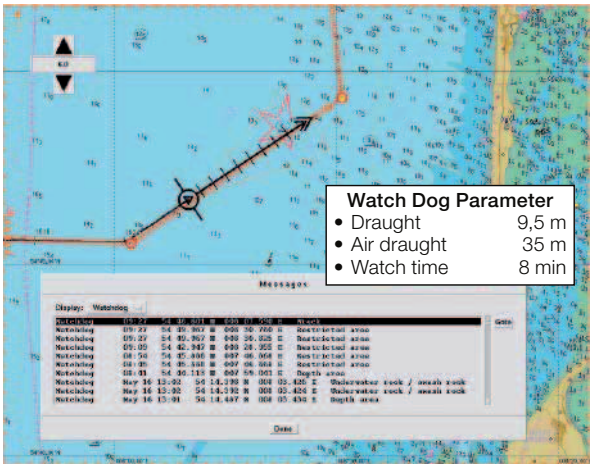


Abb. 4.1.15: Reiseüberwachung mit Sollbahn, aktueller Schiffsposition, Past tracks, Querablagentoleranz, Parametrierung von Alarmen und Alarmanzeige

***Look-ahead*-Alarme bzw. warnende Hinweise**
ECDIS gibt einen Alarm/Hinweis, wenn das Schiff in einer vom Wachoffizier eingestellten Zeit – die *„Safety Contour“* überfährt, – die Grenze einer *„Prohibited Area“* überfährt, – die Grenze eines Gebietes, für das besondere Bedingungen gelten (Kap. 4.1.5), überfährt, – dichter als der Grenzwert an einer Gefahr (Wrack, Untiefe, Tonne) vorbeifährt, – einen kritischen Punkt auf der Route erreicht *(„Wheel-over“)*.
Querablage und Fehlverhaltenalarme
ECDIS gibt einen Alarm bzw. warnenden Hinweis, wenn – das Schiff den voreingestellten Grenzwert für die Querablage *(„Cross Track“)* überschreitet, – die Positionen vom Primär- und Sekundärsystem signifikant voneinander abweichen, – die Sensorwerte für Position, Kurs- und Fahrtmessung ausfallen, – eine Fehlfunktion von ECDIS auftritt, – ein automatischer oder manueller Systemtest einen Fehler ergibt.
Karten-/Maßstabshinweise
ECDIS zeigt an, wenn – das geodätisches Datum von Positionssensor und SENC nicht übereinstimmt, – der Anzeigebereich im *„Overscale“*- oder *„Underscale“*-Modus ist, – keine ENCs für das Seegebiet verfügbar sind.

Tabelle 4.1.11: Alarme und Hinweise bei der Reiseüberwachung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Unerwünschte ECDIS-Alarme: Unerwünschte Alarme und Hinweise treten z. B. als Tiefenflächenalarm auf. Beispiel: Ein Schiff (Tiefgang = 9,2 m; UKC = 1,3 m; also: Notwendige Tiefe = 10,5 m) passiert auf der skizzierten Bahn die 20 m-Linie, ein Gebiet mit Untiefen zwischen 17 und 19 m und wiederum die 20 m-Tiefenlinie (Abb. 4.1.16). ECDIS wird – logischerweise – einen Tiefenalarm geben, da das Schiff mit 10,5 m erforderlicher Tiefe in einem Tiefenflächenbereich von 10–20 m navigiert. Ein Wachoffizier würde die Tiefe ggf. nicht als kritisch betrachten, da er die Passage zwischen den 17 und 19 m-Untiefen als sicher annehmen würde.

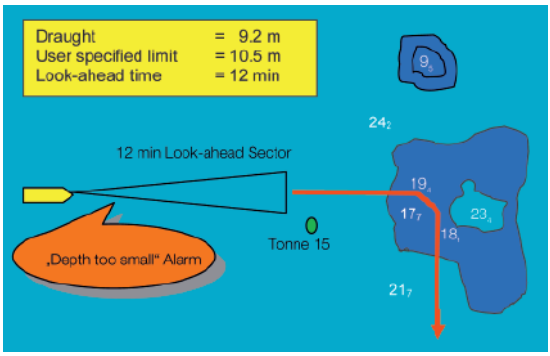


Abb. 4.1.16: Unerwünschter ECDIS-Alarm – Ein Schiff (erforderliche Wassertiefe = 10,5 m) dringt in 10–20 m-Tiefenfläche ein

Zu beachten: Nur wenn der Wachoffizier aufgrund seiner Erfahrung und seiner Hintergrundkenntnisse über die ECDIS-Eigenschaften die Ursache für die Entstehung derartiger Alarme verstanden hat, darf er sie ignorieren.

(5) *Prediction*

Die *Path Prediction* ermöglicht für einen bestimmten, aber begrenzten Zeitraum (ein bis vier Minuten) eine Vorhersage von Position und Lage des eigenen Schiffes mit skaliertem Schiffssymbol. Die *Prediction* wird aus den aktuellen Bewegungsgrößen Position, Fahrt, Kurs und Drehgeschwindigkeit berechnet, bei einigen Anlagen zusätzlich aus deren Änderungen und weiteren Informationen. Die Werte werden für einen bestimmten Zeitraum konstant gehalten. Ruder- und Maschinenmanöver werden erst dann erkennbar, wenn sich durch sie die Bewegung des Schiffes verändert hat. Werden Ruder und Maschine dann nicht mehr verändert, gibt die *Prediction* für den gegebenen Zeitraum brauchbare Vorhersagen. In Abb. 4.1.17 wird deutlich, wie das Eigenschiff (schwarzes Symbol) sich während

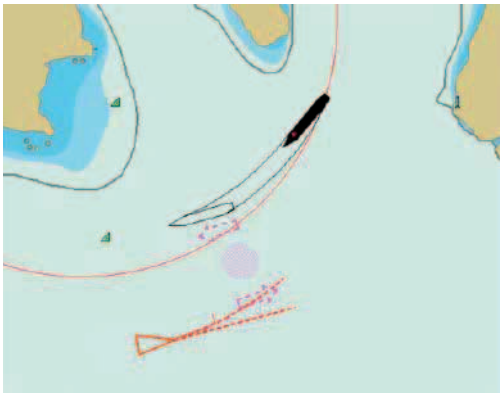


Abb. 4.1.17: *Path Prediction* (schematisch): Auf dem Eigenschiff (schwarz) wird das eigene Manöver und der AIS-Entgegenkommer (rot) beobachtet. Achtung Tonne!

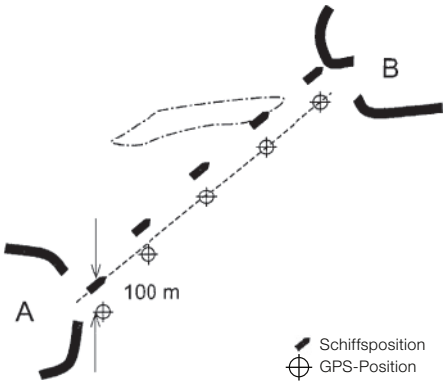


Abb. 4.1.18: ECDIS bei automatischer Bahnregelung – Die Schiffsposition wird immer (!) auf der Sollbahn angezeigt (unabhängig vom vorhandenen Positionsfehler)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

der Kurvenfahrt voraussichtlich verhalten und den Entgegenkommer sicher passieren wird, aber direkt auf die Tonne zusteuert.

(6) Automatische Bahnregelung

Bei der automatischen Bahnregelung (*Track Control*, Kap. 5.2) wird das Schiff auf der geplanten Bahn automatisch geführt. Dabei wird die Schiffsposition durch den Positionssensor (z. B. (D)GPS kontinuierlich bestimmt und bei Abweichungen von der geplanten Bahn durch Kurs- und Fahrtänderung automatisch geregelt. Einstellbare Parameter:

- Erlaubte Querablage (*Cross Track Limit*)
- Erlaubte Abweichung zwischen Sollbahnrichtung und Kompasskurs (*Off-course Limit*),
- Erlaubte Abweichung von Primär- und Sekundär-Position (*Position Difference Limit*),
- Kursänderung: *Early Course Change*-Hinweis und *Actual Course Change*-Aufforderung.

Zu beachten: Bei automatischer Bahnregelung kann der Wachoffizier das Einhalten der Bahn nicht ausschließlich durch Verfolgen des Schiffssymbols in der Seekarte überwachen, da hier die Schiffsposition immer (!) auf der Sollbahn angezeigt wird – unabhängig vom aktuellen Positionsfehler (1 m oder 100 m oder mehr). Eine Abweichung von der Sollbahn (*Cross track error*) wird nicht (!) angezeigt: Ein Sprung in der Position kann nur zufällig bemerkt werden, eine langsame Verdriftung der Position überhaupt nicht. Begründung: Der Regler regelt nur die gemessene (D)GPS-Position, nicht das reale Schiff auf der Sollbahn (Abb. 4.1.18). Es ist also dringend vor alleiniger und unkritischer Nutzung von ECDIS mit Bahnregler zu warnen. Andere Navigationsmittel wie Radar (durch Überlagerung mit ECDIS oder Peilungs- bzw. Abstandsstandlinien) sind unbedingt hinzuzuziehen.

(7) ECDIS *Voyage Recording (Black Box)*

Um den navigatorischen Ablauf der Schiffsreise – für Wiederbenutzung und Unfalluntersuchungen – rekonstruieren zu können, speichert ECDIS in 1 min-Intervallen mindestens 12 Stunden lang

- die Schiffsbewegungsdaten: Zeit, Position, Kurs und Fahrt sowie
- die benutzten (!) ENCs: Zelle, Quelle, Ausgabe, Status und Geschichte der Berichtigung

sowie nicht seltener als alle 4 Stunden den vollständigen Track der gesamten Reise. Damit kann nicht nur festgestellt werden, welche ENCs sich an Bord befanden, sondern auch welche ENCs tatsächlich angezeigt und benutzt wurden, z. B. ENCs mit großem Maßstab in anspruchsvollen Gewässern. Abb. 4.1.19 zeigt den Ablauf für jede Minute und für die jeweils markierte Minute (10:33 Uhr) in dem Fenster *LOADED CELLS*, welche Kartendaten auf dem Bildschirm angezeigt wurden und ob der Wachoffizier die notwendigen Details anzeigen ließ. Die gespeicherten Werte können mit der ECDIS wohl wieder angezeigt, nicht aber verändert und manipuliert werden. Bei Bedarf können die zurückliegenden 12-Stunden-Aufzeichnungen und der Reisetrack aufbewahrt werden (*Hardcopy Disk*). Einige ECDIS-Geräte ermöglichen längere Aufzeichnungszeiten. Nicht nur für eine sichere Schiffsführung, sondern auch bei der Auswertung von

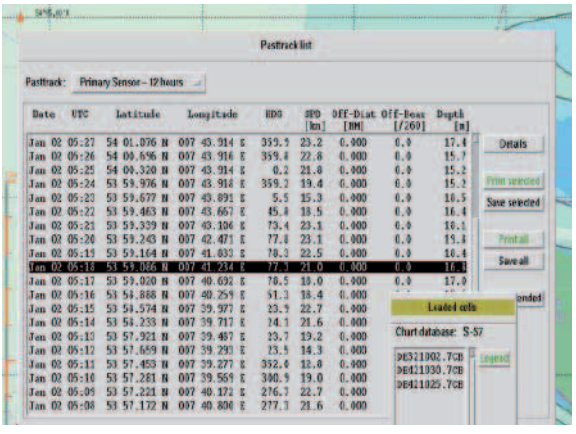


Abb. 4.1.19: ECDIS-Dokumentation mit Schiffsdaten und benutzen Kartendaten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Unfällen mit Hilfe dieser Dokumentation ist es wichtig, dass das System durch den Service richtig für das Schiff eingerichtet wurde. Falscheingaben (z. B. ein eingegebenes und ggf. veraltetes *Off-Set* oder unkorrekte Berücksichtigung der Positionen von GPS-Antenne und Radarantenne) können gravierende Auswirkungen auf Fehldarstellungen der Schiffsposition haben. Die ECDIS *Black Box* unterscheidet sich hinsichtlich aufgezeichneter Daten und Funktionalität deutlich vom Schiffsdatenschreiber (VDR; Kap. 6.3).

4.1.8 Überlagerung von Radarbild und elektronischer Seekarte

Die Überlagerung von ECDIS-Anzeige (hydrografische, navigatorisch relevante Objekte) und Radarbild (Schiffe, andere Navigationsobjekte) ergibt die Darstellung aller für die Navigation und die Kollisionsverhütung notwendigen Informationen und ermöglicht den schnellen Positionsvergleich einzelner Objekte. Solange die Anzeigen ortsfester Referenzziele sich decken, arbeiten sowohl Radar und ECDIS als auch der Positionssensor (z. B. (D)GPS) einwandfrei. Bei einer translatorischen Verschiebung der Anzeigen ortsfester Objekte wird ein sonst unbemerkter (GPS-)Positionsfehler sofort offenkundig. Die Überlagerung bietet also eine kontinuierliche Positionskontrolle durch einen Radar-Fix – ohne Arbeitsaufwand für den Wachoffizier. Abb. 4.1.20 zeigt, dass das Radarbild gegenüber der Seekarte signifikant nach Südosten verschoben ist. Dieses deutet eindeutig auf einen Positionsfehler (z. B. durch ein falsches geodätisches Datum) hin. Entsprechend verrät eine Verdrehung der beiden Bilder gegeneinander einen Fehler in der Kursbestimmung. Zudem erleichtert die Überlagerung der Bilder die Identifizierung von Zielen, z. B. die Unterscheidung von Tonnen, Einzelhindernissen und Ankerliegern. Die Vorteile

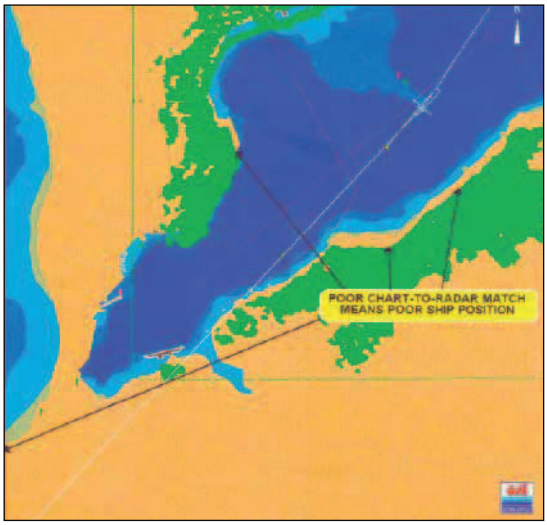


Abb. 4.1.20: Entdeckung eines Positionsfehlers durch die Diskrepanz von elektronischer Seekarte und Radarbild **Quelle: OSL**

Anwendung	Vorteile
Zielidentifizierung	– Unterscheidung von Tonnen und Schiffen – Erkennen von Schiffen im falschen Fahrwasser – Anzeige naher und abgeschatteter Ziele
Navigation	– Positionsüberwachung durch kontinuierlichen Radar-Fix – Schiffe und verfügbarer Manövrierraum in einem Bild
Problemerkennung durch Unterschiede	– Translationsabweichung von Radar und ECDIS verrät Positionsfehler – Rotationsabweichung von Radar und ECDIS verrät Kursfehler
Redundanz	– Radar („*Chart Radar*“) als mögliches ECDIS-Ersatzsystem
Allgemeines	– Gegenseitige Systemüberwachung – Nur ein (1) Arbeitsplatz für Navigation und Kollisionsverhütung – Höhere Sicherheit und Reduzierung der Arbeitslast

Tabelle 4.1.12: Vorteile der Radarüberlagerung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

des Radar-Overlays auf ECDIS sind in Tabelle 4.1.12 zusammengefasst. Die überlagerte Radarinformation kann schnell (*Single operator action*) entfernt werden. Zusätzlich oder alternativ können AIS-Ziele (Kap. 4.3) in der ECDIS-Anzeige dargestellt werden.

Zu beachten: Der Wachoffizier sollte in regelmäßigen Abständen das Radarbild kurzfristig überlagern, um die Position zu kontrollieren. Bei der Überlagerung von lediglich getrackten (d. h. akquirierten) Radarzielen (nicht des gesamten Radarbildes) besteht die Gefahr, dass nicht alle vorhandenen Ziele in der ECDIS angezeigt werden und diese nicht angezeigten Ziele eine reale Gefahr hervorrufen. Zudem kann die Radarüberlagerung Teile des ECDIS-Bildes verdecken.

4.1.9 ECDIS: Kompetenz, Kommunikation, Brückenprozeduren

ECDIS erfordert neue Prozeduren auf der Brücke. Zahlreiche Vorgänge sind voreingestellt und laufen automatisch als Anzeige oder im Hintergrund ab. Der Wachoffizier muss aus passivem Verfolgen auf schnelles Eingreifen und Entscheiden umschalten können. Er muss navigatorische Erfahrung und Grundkenntnisse über Prinzipien, Eigenschaften und Grenzen von ECDIS und elektronischen Karten haben. Er muss die aktuellen Einstellungen kennen. Er darf sich nicht nur auf ECDIS verlassen und muss alle Informationen durch andere Mittel überprüfen.

Kommunikation im Brückenteam: Alle Wachoffiziere müssen auf die geplante Reise vorbereitet sein. Es muss transparent sein, welche Prozeduren und Einstellungen durch *Bridge Procedures*, Reederei-/Kapitänsvorgaben oder individuelle Vorlieben angewandt werden. Insbesondere:

- Bei einem Wachwechsel muss der übernehmende Wachoffizier die jeweiligen Einstellungen (Abweichungen von „*Default Settings*“; Alarmgrenzwerte), den Status der Kartendaten (ggf. *No ENC, Use Paper Chart!*) und Geschehnisse auf der letzten Wache erfahren und die gesamte geplante Route studieren.
- Bei Besatzungswechsel muss der neue Wachoffizier in den Status der elektronischen Seekarte, Verfügbarkeit und Status der Kartendaten und das Ersatzsystem eingewiesen werden.

Reiseplanung: Die Prinzipien und die Durchführung der Reiseplanung sind in Kap. 1, die ECDIS-Funktionen in Kap. 4.1.6 beschrieben. Auch bei Nutzung von ECDIS ist zu beachten:

- Der Reiseplan muss für jeden Wachoffizier einsehbar sein.
- Der gebilligte Reiseplan ist zu dokumentieren/archivieren, ggf. auch für das Ersatzsystem.
- Wiederbenutzte oder importierte Reisepläne (Bibliotheken; von Land oder anderen Schiffen) müssen auf ihre Korrektheit in Bezug auf das eigene Schiff (Tiefgang, UCC, Manövriereigenschaften) überprüft werden.

Reiseausführung: Die ECDIS-Funktionen zur Reiseüberwachung sind in Kap. 4.1.7 beschrieben. Darüber hinaus ist zu beachten:

- ECDIS-typische Alarme dürfen nur bei Kenntnis der Ursache ignoriert werden.
- Bei GPS-Ausfall ist die Schiffsposition extern zu ermitteln und in das ECDIS einzutragen.
- Bei Routenänderung und ECDIS-Ausfall ist der Reiseplan zügig zu aktualisieren.
- Die 12-stündige ECDIS-Reise-Dokumentation ist im Bedarfsfall auf Datenträger zu sichern.

Bei gleichzeitiger Nutzung von elektronischer und Papierseekarte muss transparent sein, welche Karte als primäres Navigationssystem dient (oder sogar dienen muss) und für Entscheidungen genutzt wird.

Anmerkungen:

ECDIS ist ein ausbaufähiges System und kann bzw. wird in Zukunft zahlreiche Neuerungen erfahren. Hier seien nur zusätzliche Informationsschichten (wie Wetterinformationen, Eisbedeckung, Gezeiteninformationen, NAVTEX-Einbindung und militärische Overlays), eine Weiterent-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

wicklung der Kartendaten (3D-ECDIS; Inland-ECDIS; Standard S-100), die Weiterentwicklung der Benutzeroberfläche und der Alarmbehandlung sowie die Nutzung von ECDIS-ähnlichen Systemen im Rahmen von VTS, SAR, Umweltschutz u. a. erwähnt.

4.1.10 ECDIS Training

Mit dem Ersatz der Papierseekarte durch ECDIS haben sich nicht nur die Navigationshilfsmittel und -geräte, sondern auch die Navigationsmethoden und die für einen sicheren Umgang mit ECDIS notwendigen Kompetenzen des Nautischen Offiziers sehr verändert. ECDIS ist ein komplexes Navigationssystem mit vielen Funktionen, Schnittstellen, Parametereinstellungen, Alarmen, Hintergrunddaten u. a. Da sich zudem die ECDIS-Anlagen verschiedener Hersteller hinsichtlich Bedienphilosophie und Bedienelementen deutlich unterscheiden, gilt für Schiffe, auf denen ECDIS als primäres Navigationssystem genutzt wird:

Kapitän und Wachoffiziere müssen zwei Arten von ECDIS-Training absolvieren und die zu erwerbenden Bescheinigungen auf Verlangen vorzeigen können:

(a) „*Generic ECDIS Training*“ (ECDIS-Basisausbildung) und
(b) „*Type-specific Training*“ (*Familiarization*) für die jeweils benutzte ECDIS an Bord.
Wesentliche Informationen für den Flaggenstaat Deutschland sind in Tabelle 4.1.13 zusammengestellt.

	Generic Training	**Type-specific Familiarization**
Gesetzliche Anforderung nach	STCW Convention [4.1.7] & IMO Model Course 1.27 [4.1.8]	STCW Convention & ISM-Code [4.1.9]
Lehrgangszulassung und Zertifizierung durch	Verwaltung der Flaggenstaaten, z. B. BSH, MCA	Herstellervorgaben & ISM-Code
Umfang	40 Stunden	Etwa 2 Tage
Inhalte	Grundlagen (Basisausbildung) und Bedienung	Bedienung eines ECDIS-Typs (Ergänzung zur Basisausbildung)
Anbieter	Staatliche Ausbildungsstätten Private Trainingszentren Hersteller	Staatliche Ausbildungsstätten Private Trainingszentren Hersteller & Reeder
Trainer	Zugelassene Ausbilder	ECDIS-Hersteller od. dessen beauftragter/autorisierter Vertreter od. ein Trainer mit ECDIS-Trainer-Kurs
Methode / Material / Ort	i. A. 40 h Präsenz: Praktische Ausbildung in realistischen Navigationsszenarien an einem ECDIS-Simulator (STCW Kriterien) Anerkennung in Deutschland: 1. Studienabschluss nach 2006 2. Teilnahme an zugel. ECDIS-Lehrgang 3. Teiln. an vergleichb. Lehrgang	Trainingszentren, Bord von Schiffen, Mobiles Klassenzimmer, Autorisierter Offizier in Reedereien („Trickle down training“), Internet (Web-based training/ WBT), Computer-basiertes Training/CBT
Prüfung Kompetenznachweis	Ja, durch zugelassene Prüfer	Ja, durch erfahrenen Instruktor Internet: mit Webcam-Kontrolle
Teilnahmebescheinigung vom	Lehrgangsanbieter. Anschließend Naut. Befähigungszeugnis ohne ECDIS-Einschränkung von Verwaltung	Kursanbieter

Tabelle 4.1.13: Informationen zum Erwerb von ECDIS-Zertifikaten (Flaggenstaat Deutschland)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.2 Radar

Stefan Wessels

4.2.1 Grundlagen und Aufgabe des Radars

Die *IMO Performance Standards* für Radaranlagen [4.2.1] definieren die Aufgaben des Radars folgendermaßen:

„The radar equipment should assist in safe navigation and in avoiding collision by providing an indication, in relation to own ship, of the position of other surface craft, obstructions and hazards, navigation objects and shorelines (...). The radar, combined with other sensor or reported information (e.g. AIS), should improve the safety of navigation by assisting in the efficient navigation of ships and protection of the environment by satisfying the following functional requirements:

- *in coastal navigation and harbour approaches, by giving a clear indication of land and other fixed hazards;*
- *as a means to provide an enhanced traffic image and improved situation awareness;*
- *in ship-to-ship mode for aiding collision avoidance of both detected and reported hazards;*
- *in the detection of small floating and fixed hazards, for collision avoidance and the safety of own ship; and*
- *in the detection of floating and fixed aids to navigation".*

(1) Prinzip der Radarortung

Der Begriff „Radar" steht für die Bezeichnung *Radio Detection and Ranging* (Funkerfassung und Abstandsbestimmung). Zum Zwecke der Radarortung werden gebündelte elektromagnetische Impulse von einer rotierenden Antenne gerichtet abgestrahlt, und – sofern sie auf reflektierende Ziele treffen – ihre Echos empfangen. Aus der Laufzeit kann die Entfernung, aus dem Antennenwinkel die Peilung zum Objekt ermittelt werden. Da sich elektromagnetische Wellen in der Atmosphäre nahezu mit Lichtgeschwindigkeit ($c \approx 300\,000$ km/s ≈ 300 m/µs) ausbreiten, lässt sich die Entfernung eines Radarziels d aus der Impulslaufzeit t nach der Beziehung ermitteln:

$$d = \frac{t \cdot c}{2} \qquad (4.2.1)$$

Beispiel: Ein Echoimpuls kehrt von einem Ziel in 1 sm Abstand nach 12,36 µs zurück, von einem 6 sm entfernten Ziel nach 74,13 µs. Entsprechend kann man aus einer Laufzeit t = 74,13 µs den zugehörigen Abstand d = 6 sm berechnen.

(2) Sende- und Empfangstechnik, Signalverarbeitung (konventionell)

a) Sender

Die Radarwellen werden in einem Hochfrequenz-Oszillator (konventionell: Magnetron) erzeugt. Dabei handelt es sich um eine Vakuumröhre, die aus einem ringförmigen Anodenblock mit eingefrästen Hohlraumresonatoren und einer walzenförmigen Glühkathode im Zentrum besteht. Ein axiales Magnetfeld, welches von einem Dauermagneten erzeugt wird, steht senkrecht auf dem zwischen Kathode und Anode anliegenden elektrischen Feld. Die von der Kathode emittierten Elektronen werden durch das Magnetfeld von ihrer radialen Bahn spiralförmig abgelenkt. In den Hohlraumresonatoren der Anode bilden sich elektromagnetische Schwingungen, die über den zentralen Hohlraum in gegenseitige Wechselwirkung treten. Es bilden sich Elektronenpakete, die ihre Energie an das Hochfrequenz-Wechselfeld abgeben und dieses

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

verstärken. Die entstehende HF-Energie wird über einen Hohl- oder Koaxialleiter ausgekoppelt und zur Antenne geleitet. Eine Steuerelektronik sorgt für die zeitliche Taktung des Magnetrons.

b) Empfänger

Da ausgesendete und empfangene Radarimpulse denselben Weg durch Antenne und Hohlleiter zurücklegen, muss der Empfänger vor der hohen Sendeenergie der ausgehenden Impulse durch ein dem Empfänger vorgeschaltetes Begrenzungsglied (*Limiter*) geschützt werden. Dies geschieht durch Halbleiterbauteile in Verbindung mit einer geeigneten Geometrie dieser T-Weiche, die bewirkt, dass die ausgesendeten Wellen durch Überlagerungseffekte in Richtung des Empfängers weitgehend reduziert werden.

Da die hochfrequenten Echoimpulse zur Weiterverarbeitung im Empfänger (Abb. 4.2.1) ungeeignet sind, wird ihre Frequenz zunächst durch Überlagerung einer in einem Oszillator erzeugten Schwingung geringfügig höherer Frequenz heruntergemischt. Die resultierende Zwischenfrequenz ergibt sich durch Subtraktion der beiden Frequenzen. Da sich die Magnetronfrequenz durch Temperatureinflüsse und Alterung im Betrieb ändert, ist stets von neuem eine manuelle oder automatische Abstimmung *(TUNE)* der Oszillatorfrequenz an die Variation der Sendefrequenz notwendig. Das so veränderte Signal wird im Zwischenfrequenzverstärker in seiner Amplitude verstärkt und im Demodulator in einen Gleichspannungsimpuls umgesetzt. Über das Bedienelement *GAIN* kann der Verstärkungsgrad des Zwischenfrequenzverstärkers variiert werden. Bei Radargeräten klassischer Bauart sind auch die Techniken zur Unterdrückung von Seegangs- und Regenechos im analogen Teil des Empfängers realisiert: Mit dem *STC*-Regler (auch: *Anti Clutter Sea*) kann das Zeitverhalten des ZF-Verstärkers manipuliert werden, während der *FTC*-Regler (auch: *Anti Clutter Rain*) der Filterung von Regenechos dient und am Demodulator ansetzt (Kap. 4.2.3(2)).

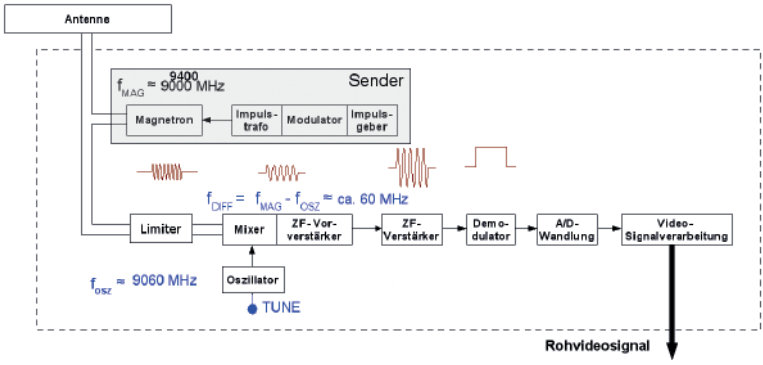


Abb. 4.2.1: Schematischer Aufbau einer Sende-/Empfangseinheit

c) Radarantenne

In der zivilen Schifffahrt sind heute fast ausnahmslos Schlitzantennen im Einsatz. Sie bestehen aus einem waagerechten Hohlleiter, zu dem das HF-Signal zentral über eine Drehkupplung übertragen und seitlich eingekoppelt wird. Um rücklaufende Wellen durch Reflexion am anderen Ende des Hohlleiters zu vermeiden, ist dieses durch einen Ohmschen Widerstand („Sumpf“) abgeschlossen. An der Vorderseite der Antenne sind Schlitze angeordnet, aus denen die im Hohleiter entlanglaufende Energie sukzessiv ausgekoppelt wird. Der Abstand der Schlitze beträgt ca. λ/2, so dass sich die austretenden Elementarwellen durch Interferenz in Richtung der Mittelsenkrechten verstärken und zu den Seiten hin auslöschen. Je größer die Spannweite

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

der Antenne im Verhältnis zur Wellenlänge ist, desto besser ist die horizontale Bündelung der Radarkeule. Für eine gleiche Bündelung muss die Spannweite einer S-Band-Antenne deshalb etwa dreimal so groß sein wie die einer X-Band-Antenne. Während die horizontale Bündelung der Radarkeule zur Erzielung einer hohen Peilgenauigkeit und guten azimutalen Auflösung möglichst hoch ist (typische Werte liegen zwischen 0,6° und 2°), ist die vertikale Bündelung wesentlich geringer (20°–25°). Dies ist erforderlich, um auch bei gekrängtem oder vertrimmtem Schiff eine ausreichende Zielerfassung zu gewährleisten. Die Keulenbreite bezeichnet den Sektor beiderseits der Hauptstrahlungsrichtung, in dem die Signalstärke bis auf 50 % abfällt.

d) Videosignalverarbeitung

Die analogen Gleichspannungssignale eines Sendezyklus werden zur Weiterverarbeitung digitalisiert. Dies geschieht, indem für jeden einkommenden Echoimpuls die dem Zeitpunkt seines Eintreffens entsprechende Speicherzelle eines RAM-Speichers beschrieben wird (Abb. 4.2.2). Dazu stellt man sich einen Zeiger vor, der nach Aussendung des Impulses die Abstandszellen von der ersten bis zur letzten Abstandszelle genau in der Zeit überstreicht, die der ausgesandte Impuls für seinen Lauf zum Ende des Messbereichs und zurück benötigt. Beim Eintreffen eines Echoimpulses wird die Zelle an der momentanen Zeigerposition auf den entsprechenden Intensitätswert gesetzt. Im gezeigten Beispiel stehen für jede Abstandszelle 3 bit zur Verfügung, was eine Auflösung der Signalstärke in $2^3 = 8$ Intensitätsstufen ermöglicht. Alle Abstandszellen bilden zusammen ein Speicherregister, in dem alle Echos eines Impulses abgelegt werden. Neben der Abstands- und Intensitätsinformation wird auch die – während eines Antennenumlaufs zunehmende – Peilung für jeden gesendeten Impuls digitalisiert. Dadurch entsteht eine zweidimensionale Erfassung des Umfeldes.

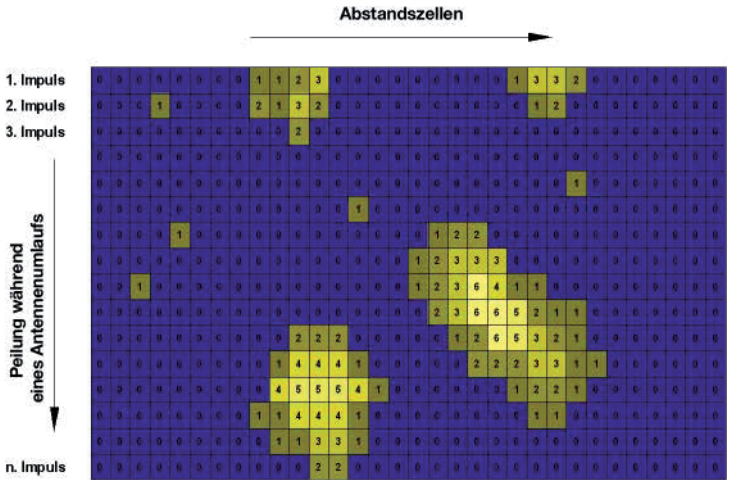


Abb. 4.2.2: Aufbau der Radar-Videomatrix mit Abstands- und Peilungszellen

Zur Darstellung auf dem Radarmonitor wird diese Matrix von Polarkoordinaten (Peilung, Abstand) in rechtwinklige Koordinaten übertragen. Somit entsteht die eigentliche „Bildschirmmap“ (Videospeicher). Der Bildschirm besteht aus einer Anzahl von Bildpunkten (Pixel, d. h. *picture element* oder auch *picture cell*). Diese sind in horizontalen Zeilen und vertikalen Spalten angeordnet. Jedes Pixel hat eine x-Koordinate (Spalte) und eine y-Koordinate (Zeile) und ist dadurch eindeutig adressierbar. Für jedes Pixel existieren im Videospeicher je nach Farbauf-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

lösung mehrere Speicherbits, deren Inhalt die Farbe des Pixels auf dem Schirm angibt. Das Beschreiben und Auslesen des Speichers geschieht getrennt. Während die Schreibgeschwindigkeit durch die Impulsfolge (s. u.) vorgegeben wird, ist die Auslesegeschwindigkeit an die Bildwiederholfrequenz des Monitors gebunden.

e) Bildreinigung durch Echokorrelation

Die beschriebene „Rohradarmatrix" kann durch Korrelationstechniken von Störinformationen bereinigt werden (Filtern für Regen, Seegang und Fremdradar). Diese beruhen auf dem Prinzip der Auslöschung all jener Echos, die der Regel nicht entsprechen. Das kann der Fall sein, wenn ein Echo bei zwei aufeinanderfolgenden Antennenumläufen (*scan-to-scan*-Korrelation) oder bei zwei aufeinanderfolgenden Impulsläufen (*sweep-to-sweep*-Korrelation) nicht wiederholt geortet wird. Die *scan-to-scan*-Korrelation eignet sich insbesondere zur Auslöschung von Seegangsechos, da sich das Seegangsbild innerhalb eines Antennenumlaufs (etwa 2 s) signifikant ändert. Die *sweep-to-sweep*-Korrelation ist dagegen zur Bereinigung von Fremdradarstörungen geeignet, da diese im Allgemeinen auf zwei benachbarten Spuren unterschiedliche Abstände aufweisen.

(3) Charakteristische Radarkenngrößen

a) Frequenzen, Wellenlängen

Für zivile Radargeräte sind zwei Frequenzbereiche freigegeben: Der Bereich zwischen 9,3 und 9,5 GHz mit Wellenlängen von 3,24 bis 3,16 cm im X-Band („3 cm Radar") und der Frequenzbereich von 2,9 bis 3,1 GHz mit Wellenlängen von 10,34 bis 9,68 cm im S-Band („10 cm Radar"). Die Auswahl dieser Frequenzbereiche erfüllt weitgehend die spezifischen Anforderungen der Radarortung auf See, vor dem Hintergrund der physikalischen Eigenschaften elektromagnetischer Wellen.

Das elektromagnetische Wellenspektrum reicht vom hochfrequenten Bereich mit Frequenzen im Bereich von 10^{23} Hz und Wellenlängen von 10^{-15} m bis zum niederfrequenten Bereich mit Frequenzen von etwa 50 Hz (Wechselstromleiter) und Wellenlängen von 6000 km. Das sichtbare Licht mit Wellenlängen im nm-Bereich stellt insofern eine Ausnahme dar, als es vom Menschen ohne technische Hilfsmittel wahrgenommen werden kann. Lichtwellen unterliegen einer starken Dämpfung in der Atmosphäre (insbesondere durch Luftfeuchtigkeit), wodurch die optische Sicht bei Regen und Nebel stark eingeschränkt ist. Langwelligere Funkwellen breiten sich unter solchen Bedingungen dagegen relativ ungehindert aus. Da das Schiffsradar gerade bei unsichtigem Wetter einsatzfähig sein soll, spricht dies für die Wahl einer größeren Wellenlänge. Dagegen ermöglichen kurzwellige Funkwellen eine gute Bündelung und damit eine hohe Peilgenauigkeit – bei vertretbarer Antennenspannweite. Insofern stellen die Radarfrequenzen im X- und S-Band Kompromisslösungen dar, die bei möglichst guter Bündelung eine ausreichend gute Durchdringung von Nebel und Niederschlag gewährleisten sollen. Allerdings gelingt dieser Kompromiss bei den beiden Frequenzbändern in unterschiedlicher Ausprägung. Die wesentlichen Vor- und Nachteile von X- und S-Band-Anlagen sind in Tabelle 4.2.1 zusammengestellt.

b) Impulsdauer – Impulslänge

Radarimpulse besitzen eine definierte Impulsdauer τ. Kurze Impulse bieten den Vorteil einer guten Zielauflösung, da die Gefahr des Verschmelzens der Echos dicht benachbarter Ziele gering ist (Kap. 4.2.2(2)b)). Lange Impulse verbessern die Zielerfassung, weil sie eine höhere Energie besitzen und die Signalverarbeitung im Empfänger erleichtern. Übliche Werte für die Impulsdauer reichen von 0,05 bis 1,5 µs. Da sich die Radarimpulse annähernd mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, lässt sich die Impulslänge l (räumliche Ausdehnung der Impulse) nach der Formel berechnen:

$$l = c \cdot \tau \qquad (4.2.2)$$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Merkmal	Physikalische Unterschiede	Praktische Konsequenzen
Peilgenauigkeit und Zielauflösung	3 cm-Wellen lassen sich etwa 3 mal besser bündeln (azimutal) als 10 cm-Wellen (Kap. 4.2.1(2)c)).	X-Band-Anlagen eignen sich wegen des höher aufgelösten Radarbildes besser für die Küstennavigation und Revierfahrt (Kap. 4.2.2(2)).
Dämpfung in Niederschlagsgebieten	3 cm-Wellen werden von Regentropfen stärker gedämpft und reflektiert als 10 cm-Wellen.	S-Band-Geräte eignen sich besser zum Navigieren bei Regen, da sie weniger Regenechos abbilden und Ziele in Regengebieten besser erfassen.
Reflexion von Seegang	3 cm-Wellen werden durch Seegang stärker zur Antenne zurück reflektiert als 10 cm-Wellen.	S-Band-Anlagen bilden weniger Seegangsreflexe ab, ermöglichen eine bessere Zielerfassung im Seegang und ein sichereres *Target Tracking* (Kap. 4.2.6).
Reichweite	10 cm-Wellen werden in der Atmosphäre geringfügig stärker gebrochen als 3 cm-Wellen. Deshalb liegt die Radarkimm etwas weiter entfernt als bei 3 cm-Wellen (Kap. 4.2.2(3)).	Aufgrund der leicht erhöhten Reichweite eignen sich S-Band-Anlagen besser für die Navigation im freien Seeraum.

Tabelle 4.2.1: Anwendungsbezogene Gegenüberstellung von X- und S-Band Radar

Zu beachten: Die Impulsdauer beeinflusst das radiale Auflösungsvermögen des Radars (Kap. 4.2.2(2)b)).

c) Impulsperiode, Impulsfolgefrequenz

Radarimpulse besitzen eine definierte Impulsperiode (früher Wiederkehr T_w). Diese bezeichnet den zeitlichen Abstand von zwei Impulsaussendungen. Sie wird automatisch in Abhängigkeit vom Messbereich variiert. Typische Werte liegen im Bereich zwischen 500 und 2000 µs. Die Impulsfolgefrequenz (*Pulse Repetition Frequency*; PRF) ist der Kehrwert der Impulsperiode und gibt die Anzahl der gesendeten Impulse pro Sekunde an. Übliche Werte liegen zwischen 500 und 2000 s^{-1}. Je höher die Impulsfolgefrequenz, desto mehr Impulse treffen auf ein Ziel und desto besser ist die Zielerfassung. Je niedriger die Impulsfolgefrequenz, desto weniger können Echos vorhergehender Impulse die Anzeigen aktuell eintreffender Echos stören.

Zu beachten: Die Impulsfolgefrequenz beeinflusst das unerwünschte Auftreten von Zweitauslenkungsechos (Kap. 4.2.2(5)e)).

(4) *New Technology Radar*

Herkömmliche Schiffsradaranlagen mit Magnetron-Technik stoßen an ihre Grenzen (ITU-Anforderungen an die Schmalbandigkeit von Radarsendern; Zielerfassung in Regen- und Seegangsstörungen u. a.). Eine Alternative bietet das so genannte *Solid State Radar* oder *New Technology (NT-) Radar*.

Da diese Technik im Bereich der kommerziellen Schifffahrt zur Zeit noch wenig verbreitet ist, werden hier nur die wesentlichen Merkmale und Unterschiede zum herkömmlichen Magnetron-Radar erläutert.

Sender: Zur Erzeugung der Impulse wird kein Magnetron, sondern ein Oszillator mit nachgeschaltetem Halbleiterverstärker eingesetzt. Während die in einem Magnetron erzeugten Impulse in Frequenz und Phasenlage relativ stark schwanken (nicht-kohärentes Radar; *TUNE* erforderlich), hat dieses System den Vorteil hoher Frequenzstabilität bei definierter Phasenla-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

ge (kohärentes Radar). Dies ermöglicht es, den Dopplereffekt zur Messung der radialen Geschwindigkeitskomponente von Radarzielen zu nutzen. Anhand ihrer charakteristischen Geschwindigkeitsmuster können damit Nutzechos (Schiffe, Küsten, Seezeichen) von Störechos effektiver unterschieden und ausgefiltert werden. Die Spitzenleistung der Halbleiterverstärker (etwa 100 – 200 W) erreicht infolge der begrenzten thermischen Belastbarkeit der Bauteile nicht die eines Magnetrons (etwa 30 kW). Zur Erreichung der erforderlichen Dauerleistung ist es beim *New Technology* Radar notwendig, mit längeren Impulsen zu arbeiten.

Empfänger: Die Handhabung langer Echoimpulse mit verhältnismäßig geringer Signalstärke ist aber mit einigen technischen Schwierigkeiten behaftet:

– Die geringe Impulsenergie erschwert die Detektion schwacher Echoimpulse im Umgebungsrauschen.
– Die großen Impulslängen verschlechtern die radiale Zielauflösung.

Daher werden spezielle Techniken der Signalverarbeitung eingesetzt, die zusammenfassend als Impulskompression bezeichnet werden.

Um einzelne Echoimpulse von Radarzielen aus zufälligem Rauschen herauszufiltern, wird die gesamte Signalspur in kleine Zeitintervalle unterteilt und schrittweise mit einer im Empfänger hinterlegten Kopie des Sendeimpulses verglichen (*Matched-Filter*-Korrelation). Für jede Übereinstimmung eines Zeitintervalls der Impulskopie mit einem Zeitintervall der Empfangsspur wird ein Zähler von „0“ auf „1“ gesetzt. In Bereichen, in denen nur Hintergrundrauschen vorhanden ist, werden dabei nur wenige Treffer erzielt, bei einem Echoimpuls wird die Anzahl der Treffer steigen und ihr Maximum erreichen, wenn beide Impulse in Deckung sind. Mit Hilfe dieser Korrelation werden auch schwache Nutzechos als solche erkannt.

Zusammenfassend lassen sich folgende Vorteile der *Solid State*-Technik festhalten:

– höhere Lebensdauer der Halbleiter-Sendeeinheit gegenüber Magnetron-Sendern,
– bessere Zielerfassung und Rauschunterdrückung infolge höherer Frequenz- und Phasenstabilität,
– Möglichkeit der Auswertung von Doppler-Messungen zur Unterdrückung von Störechos,
– Umsetzbarkeit der ITU-Forderungen nach geringerer Bandbreite von Radarsendern.

Nachteile sind:

– vermehrte Fremdradarstörungen durch die verhältnismäßig lange Sende- und Empfangszeit,
– Unterdrückung von *Racon*- und *SART*-Anzeigen durch die Signalverarbeitung des *NT*-Radars.

4.2.2 Radarziele und ihre Darstellung

(1) Rückstrahleigenschaften

Ob und wie stark ein Radarziel angezeigt wird, hängt in hohem Maße von den Eigenschaften des Objekts ab. Maßgeblich ist, ob ein genügend großer Anteil der Impulsenergie in Richtung der Radarantenne zurückreflektiert wird. Hierfür verantwortlich sind Material, Oberflächenstruktur, Form und Größe des Objekts.

Bei komplexen Strukturen weicht die Radardarstellung meist erheblich vom visuellen Erscheinungsbild ab. Nur die angestrahlte Seite ergibt im Radarbild eine wiedererkennbare Kontur (Vorderkante) und ist zur Abstandsbestimmung verwertbar. In Abb. 4.2.3 ist dies deutlich zu erkennen. Die Rückseite des angezeigten Schiffes ist durch die inhomogenen Rückstrahleigenschaften der Schiffsstruktur stark ausgefranst.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

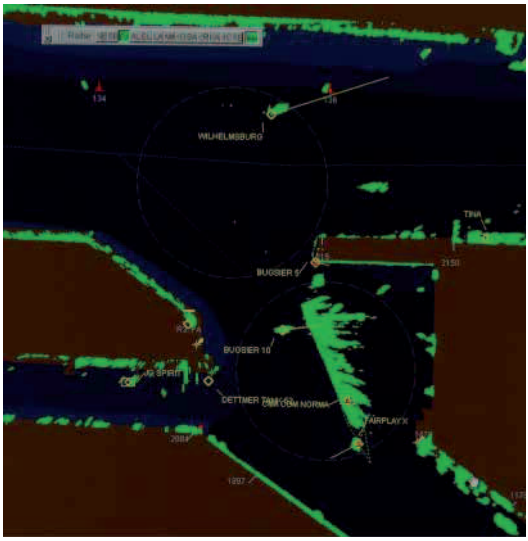


Abb. 4.2.3: Radarecho eines Schiffes (Vorderkante realistisch)

a) Material

Eine elektromagnetische Welle, die auf ein Hindernis trifft, kann von diesem absorbiert werden, reflektiert werden oder dieses durchdringen. In der Praxis tritt selten eine dieser Wirkungen in reiner Form auf, vielmehr kommt es, in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften des Objekts, zu einer Mischung mit unterschiedlicher Ausprägung der drei Effekte.

Gute elektrische Leiter (Metalle, Seewasser) werfen in der Regel einen hohen Anteil der Strahlung zurück, schlechte Leiter (Kunststoffe, trockenes Holz, Sand) verhalten sich eher absorbierend oder durchlässig.

b) Oberflächenstruktur

Man unterscheidet analog zur Optik (entsprechend der Gesetzmäßigkeit Einfallswinkel = Ausfallswinkel) zwei Arten der Reflexion:

- Bei einer im Verhältnis zur Wellenlänge geringen Oberflächenrauheit (glatte Oberfäche) kommt es zur „regulären“ Reflexion, d. h. dass ein Radarimpuls mit hoher Intensität (Vorteil) zur Antenne zurückgeworfen wird – allerdings nur bei rechtwinkligem Einfall (Nachteil). Da Radarstrahlen im Verhältnis zum Licht eine sehr viel größere Wellenlänge haben (Faktor 10^5), liegt „reguläre“ Reflektion auch bei optisch rauen Strukturen vor (lackierter Stahl, Hauswände).
- Bei deutlich raueren Strukturen (z. B. felsige Küste) kommt es zur „diffusen“ Reflexion, d. h. dass ein einfallender Radarstrahl am Objekt punktuell in viele Richtungen reflektiert und damit gestreut wird, so dass der Einfallswinkel kaum eine Rolle spielt (Vorteil) – allerdings mit geringer Intensität, da nur ein Bruchteil der ursprünglichen Energie den Rückweg zur Antenne findet (Nachteil).

c) Form

Da die meisten technischen Bauwerke im Sinne der Radartechnik aus reflektierenden Flächen zusammengesetzt sind, kommt der Form eines Radarzieles für die Rückstrahleigenschaften eine entscheidende Rolle zu. Ein kugelförmiges Objekt bietet den Radarstrahlen garantiert

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

immer einen (aber auch nur einen) Punkt, der zur Antenne zurückreflektiert. Ein waagerecht liegender zylindrischer Körper (z. B. eine Hochspannungs-Überlandleitung) wirft den Radarstrahl ebenfalls in einem Punkt zur Antenne zurück. Ein senkrecht stehender Zylinder reflektiert in einer Linie. Auch die Bordwand eines Schiffes reflektiert nur an den Stellen zur Antenne zurück, an denen sie senkrecht zur Einfallsrichtung des Radarstrahls steht und bietet somit, trotz großer Fläche, nur ein schlechtes Radarziel.

Ein Schiff stellt insofern nur als Summe kleiner und kleinster Einzelreflektoren (Aufbauten, Relingstützen, Gittermasten, Lukenkümmings) ein gutes Radarziel dar. Da die Radarkeule weiterhin eine größere vertikale als horizontale Ausdehnung hat, wird ein hohes Objekt (Turm) intensiver bestrahlt als ein niedriges Ziel gleicher Projektionsfläche.

d) Größe

Mit der Größe eines Objekts steigt die aufgenommene und zurückgestrahlte Energie. Bei ähnlichen Voraussetzungen hinsichtlich Material, Oberflächenstruktur und Form besitzt ein größeres Objekt also bessere Rückstrahleigenschaften. Die Intensität eines Radarechos steht jedoch nicht in direktem Zusammenhang mit den tatsächlichen Dimensionen eines Radarziels. Große Objekte können bei schlechten Reflexionseigenschaften schwach dargestellt werden. Auch das Fehlen der dritten Dimension im Radarbild kann zu Fehlinterpretationen hinsichtlich der wahren Ausdehnung eines Objekts führen.

(2) Abbildung von Radarzielen, Auflösung, Genauigkeit

Objekte werden im Radar nur bedingt maßstäblich wiedergegeben. Dies wird insbesondere bei Punktzielen bzw. Zielen geringer Größe deutlich. Eine Tonne von etwa 2 m Durchmesser würde in Messbereichen von mehreren sm, bei maßstäblicher Darstellung, nicht einmal die Größe eines Bildschirmpixels erreichen. Trotzdem wird sie bei entsprechenden Reflexionseigenschaften als gut sichtbares Radarecho wiedergegeben, weil Ziele auf dem Radarschirm in radialer und azimutaler Richtung gestreckt dargestellt werden (Abb. 4.2.4).

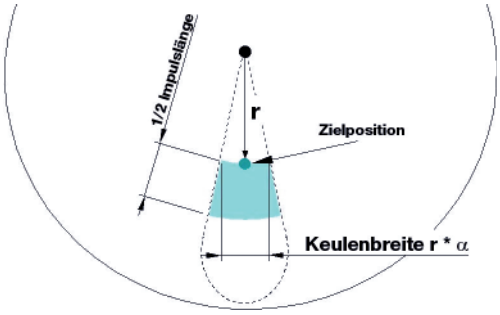


Abb. 4.2.4: Azimutale und radiale Ausdehnung eines Punktziels

a) Radiale Zielgröße

Für die radiale Ausdehnung der Echoanzeige ist die Impulslänge verantwortlich. Ein Echo kann in radialer Richtung nicht kürzer wiedergegeben werden, als es der halben Impulslänge entspricht. Der Grund dafür ist, dass die Abstandszellen solange mit „Zielinformation" beschrieben werden, wie der rückkehrende Echoimpuls im Empfänger registriert wird. Bei einer Impulsdauer von $\tau = 0{,}5$ µs, d. h. einer Impulslänge von $l \approx 150$ m, erscheint die Tonne (Punktziel) also maßstäblich wie ein Ziel, das sich ausgehend von der realen Tonnenposition um 75 m zur dem Beobachter abgewandten Seite erstreckt. Damit ergäbe sich im 3 sm-Messbereich auf einem

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

32 cm-Bildschirm eine radiale Ausdehnung von 2 mm. Würde man bei unveränderter Impulslänge in den 24 sm-Messbereich umschalten, ergäbe sich ein Echopunkt von nur 0,27 mm radialer Ausdehnung, und die Tonne wäre kaum mehr sichtbar. Auch aus diesem Grund arbeiten Radargeräte in größeren Messbereichen mit längeren Impulsen als in kleineren Bereichen. Der Bediener kann auf die Impulslänge durch die Auswahloptionen *Short pulse* (*SP*), *Medium pulse* (*MP*) und *Long pulse* (*LP*) in gewissen Grenzen Einfluss nehmen. Je nach Messbereich stehen diese Optionen aber nur eingeschränkt zur Verfügung oder sie sind mit unterschiedlichen Impulszeiten verknüpft. Näheres ist den Bedienungsanleitungen zu entnehmen.

Zu beachten:

- **Kurze Impulse** bieten eine gute radiale Zielauflösung, aber infolge der geringeren Sendeleistung eine vergleichsweise schlechtere Zielerfassung. Sie sind vorzugsweise bei hoher Verkehrsdichte und in kleineren Messbereichen anzuwenden.
- **Lange Impulse** beinhalten mehr Sendeenergie und gewährleisten damit auch auf größere Distanzen eine gute Zielerfassung, die radiale Zielauflösung ist aber schlechter. Sie sind vorzugsweise bei Navigation im freien Seeraum und geringer Verkehrsdichte anzuwenden.

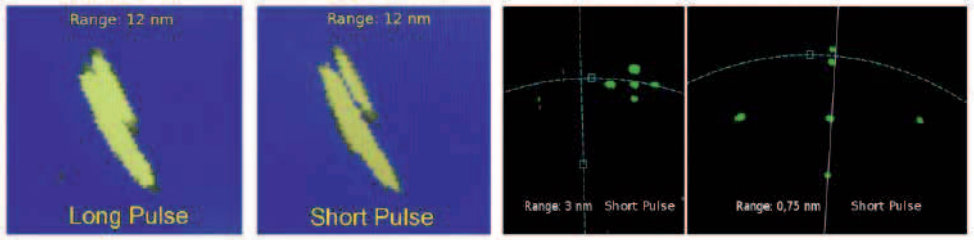


Abb. 4.2.5: Manuelle Änderung der Impulslänge (links) und automatische Änderung in Abhängigkeit vom Messbereich (rechts)

b) Radiale Auflösung

Bildlich gesprochen wirft jedes Radarecho einen „Schatten“ der halben Impulslänge hinter sich, der die Echoanzeige in radialer Richtung unrealistisch verlängert und dahinterliegende Ziele verdeckt (Abb. 4.2.5). Daraus folgt, dass jedes dahinter befindliche Ziel mindestens um eine halbe Impulslänge (l/2) entfernt sein muss, um getrennt dargestellt zu werden (Abb. 4.2.4). Das radiale Auflösungsvermögen (Definition: Mindestabstand für getrennte Darstellung zweier Ziele in gleicher Peilung vom Eigenschiff) ist also:

$$d_{min}\,(\text{rad}) = l/2 \qquad (4.2.3)$$

Die *IMO Performance Standards* [4.2.1] fordern, dass im 1,5 sm-Messbereich Objekte noch getrennt wiedergegeben werden müssen, wenn sie radial nur 40 m voneinander entfernt liegen.

c) Azimutale Zielgröße

Auch in azimutaler Richtung werden Radarziele gestreckt wiedergegeben. Verantwortlich dafür ist der Bündelungswinkel der Radarkeule α. Die Detektion eines Objekts beginnt nämlich nicht erst in dem Moment, in dem die Mittelsenkrechte der Radarantenne auf ein Objekt weist, sondern bereits, wenn der äußere Rand der Radarkeule das Ziel trifft. Zwischen diesen beiden Antennenpositionen liegt die halbe Keulenbreite $\alpha/2$. Entsprechend endet die Reflexion des Ziels erst, wenn die gesamte Keule das Ziel überlaufen hat. Die scheinbare Breite des Ziels entspricht also ungefähr der Keulenbreite α im jeweiligen Zielabstand. Dabei ist zu beachten,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

dass die Detektion an den Rändern der Radarkeule durch die Einstellung der Verstärkung *(GAIN)* beeinflusst wird. Bei höherem Verstärkungsgrad beginnt diese früher, somit werden Ziele in azimutaler Richtung etwas breiter dargestellt.

d) Azimutale Auflösung

Wegen der azimutalen Echoanzeigenvergrößerung können auch nebeneinanderliegende Echoanzeigen von Punktzielen überlappen. Die azimutale Auflösung (Definition: Mindestabstand zweier Ziele in gleichem Abstand vom Eigenschiff für getrennte Darstellung) hängt von der Keulenbreite α und vom Abstand r der Ziele zur Radarantenne ab:

$$d_{min}\,(az) = r \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180} \qquad (4.2.4)$$

Beispiel: Befinden sich zwei Ziele im Abstand r = 5 sm vom eigenen Schiff und beträgt die Bündelung der Radarkeule α = 1 °, ergibt sich ihr Mindestabstand für eine getrennte Anzeige zu

$$d_{min} = 5\ sm \cdot 1° \cdot \pi/180 = 0{,}09\ sm\ (162\ m).$$

Die *IMO Performance Standards* [4.2.1] fordern im 1,5 sm-Messbereich eine azimutale Auflösung von höchstens 2,5 °, d. h. zwei Ziele im gleichen Abstand müssen noch getrennt dargestellt werden, wenn sie 2,5 ° voneinander entfernt peilen.
Die azimutale Auflösung bei Schiffsradaranlagen liegt typischerweise zwischen 0,9° und 2,5°.

(3) Radarreichweite

Radarreichweite und optische Sicht unterliegen ähnlichen Einschränkungen. Ob ein Objekt sichtbar ist, hängt davon ab, ob es unter den gegebenen geometrischen Bedingungen im direkten Ausbreitungsweg der elektromagnetischen Wellen liegt und davon, ob die Energie der Wellen ausreicht, um die Entfernung zum Ziel zu überbrücken. Da Radarwellen durch Wechselwirkungen mit den Wasserteilchen der Atmosphäre an Energie verlieren, kann ein zurückkehrender Echoimpuls zu stark abgeschwächt sein, um eine Echoanzeige zu bewirken. Folgende Faktoren beeinflussen die Radarreichweite:

- Radarantennenhöhe und Zielhöhe,
- Krümmung der Erdoberfläche,
- Krümmung des Ausbreitungswegs der elektromagnetischen Wellen durch Refraktion,
- Energieverlust der Wellen durch Streckendämpfung (Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Sand).

Radarwellen werden aufgrund ihrer niedrigeren Frequenz etwas stärker gebrochen als Lichtwellen. Die theoretische „Sichtweite“ eines Radargerätes berechnet sich aus der Antennenhöhe (H) und der Zielhöhe (h) zu:

$$d/sm = 2{,}2 \cdot \left(\sqrt{H\ /\ m} + \sqrt{h\ /\ m}\right) \qquad (4.2.5)$$

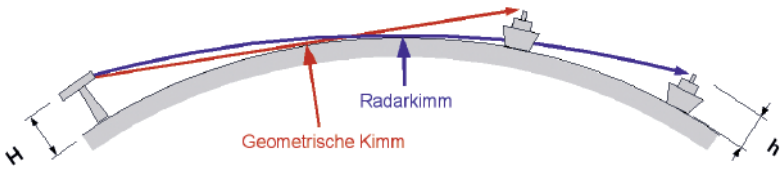


Abb. 4.2.6: Geometrische Reichweite und Radarreichweite

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Faktor 2,2 berücksichtigt die Brechung der Radarwellen in der Normalatmosphäre, d. h. bei einem Brechungsindex von n = 1,00325 ($n = c_0/c$ = Relation der Ausbreitungsgeschwindigkeit c_0 einer elektromagnetischen Welle im Vakuum zur Ausbreitungsgeschwindigkeit c in einem gegebenen Medium) am Boden und einer Abnahme des Brechungsindex mit der Höhe h um $dn/dh = -0{,}0004\ km^{-1}$ (Höhengradient des Brechungsindex).

Wäre der Brechungsindex n mit der Höhe konstant, würde sich ein Radarstrahl geradlinig ausbreiten und der Faktor in obiger Formel aus geometrischen Gründen 1,927 betragen. Die Dichte der Atmosphäre nimmt jedoch normalerweise mit der Höhe ab. Dadurch nimmt die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle mit der Höhe zu und der Brechungsindex ab. Jede Radarwelle wird daher zum Boden hin gebrochen, und eine „zu hohe" Welle kommt hinter der „geometrischen Kimm" zur Erde bzw. Wasseroberfläche (Abb. 4.2.6).

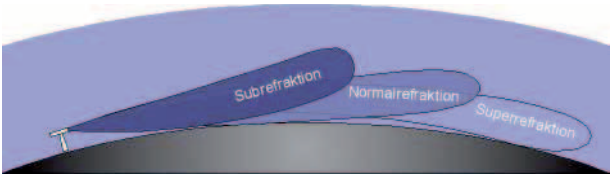


Abb. 4.2.7: Normal-, Unter- und Überreichweite durch unterschiedliche Refraktion

Die Schichtung der Atmosphäre entspricht in der Realität aber nur selten diesen Normalbedingungen. Weicht der Höhengradient des Brechungsindex von den Normalbedingungen ab, kann der Brechungsindex größer oder kleiner werden. Es kommt zu abweichenden Ausbreitungsbedingungen (Abb. 4.2.7). Der Faktor in der Reichweitenformel (Abb. 4.2.6) kann dadurch in einem Bereich von 1,98 bis 2,85 variieren.

Unterreichweite (Subrefraktion): Unterreichweite tritt auf, wenn der Brechungsindex mit der Höhe weniger stark abnimmt als unter Normalbedingungen. Dies ist der Fall, wenn mit steigender Höhe die Temperatur außergewöhnlich stark abnimmt und die Luftfeuchtigkeit außergewöhnlich hoch ist (kalte, feuchte Luftmassen über relativ warmer, trockener Luft). Beispiele:

- regnerisches, trübes Wetter, mehr noch bei Schneefall;
- im Winter in Seegebieten, in denen bei mäßigen Seewassertemperaturen feuchtkalte Winde von Land her die verhältnismäßig warme See überstreichen;
- warme Meeresströmungen, die die unterste Luftschicht erwärmen.

Leider treten Unterreichweiten oftmals unter Wetterbedingungen auf, die nicht nur die Radarreichweite herabsetzen, sondern auch die optische Sicht vermindern.

Überreichweite (Superrefraktion): Überreichweite tritt auf, wenn der Brechungsindex mit der Höhe stärker abnimmt als unter Normalbedingungen. Dies ist der Fall, wenn die Temperatur mit der Höhe weniger stark abnimmt als unter Normalbedingungen oder sogar zunimmt (Temperaturinversion) und die Luftfeuchtigkeit eher gering ist. Beispiele:

- bei ruhigen Hochdruckwetterlagen, wenn warme, trockene Luftschichten über kaltfeuchter Luft lagern;
- in klaren Nächten, wenn sich die Luft in Bodennähe durch Abstrahlung stärker abkühlt als die darüber liegenden Luftschichten (Bodeninversion);
- in tropischen Gebieten, wenn trocken-warme Luftmassen von Land her auf kalte Luftmassen über See gleiten (Temperaturinversion). Dies kann durch das Vorhandensein kälterer Meeresströmungen begünstigt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

***Ducting*:** Eine extreme Ausprägung der Superrefraktion stellt das sogenannte *„Ducting“* dar (Abb. 4.2.8). Bei diesem Effekt werden die Radarstrahlen durch Totalreflexion an einer „Inversionsschicht“ in geringer Höhe zur Ausbreitung in Bodennähe gezwungen. Die Ausbreitung erfolgt ähnlich verlustfrei wie in einem Hohlleiter und der Erdkrümmung folgend, was erhebliche Überreichweiten zur Folge hat. In besonderen Fällen kann sich dieser Vorgang auch in einer Leiterschicht abspielen, die nicht bis zum Meeresspiegel hinabreicht. Das kann zur Folge haben, dass Ziele, die sich unterhalb dieser Leiterschicht befinden, nicht erfasst werden. Voraussetzung für das Auftreten des *Ducting*-Effekts ist ein starker (nahezu sprunghafter) Abfall des Brechungsindex (etwa viermal höher als unter Normalbedingungen), hervorgerufen etwa durch eine extreme Temperaturinversion und/oder einen starken Abfall der Luftfeuchtigkeit mit der Höhe – also bei kalter, feuchter Luft in Bodennähe, die von warmer, trockener Luft überlagert wird.

Die Voraussetzungen für das Auftreten des *Ducting*-Effekts sind, ohne darauf begrenzt zu sein, häufig in den folgenden Seegebieten anzutreffen: Rotes Meer, Persischer Golf, Mittelmeer bei südlichen Winden im Sommer, Seegebiet westlich von Afrika in Höhe der Kanarischen Inseln.

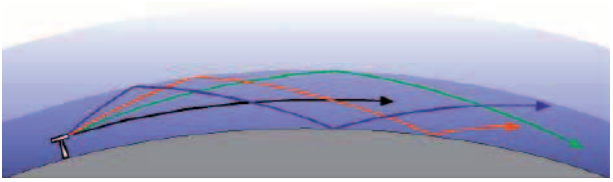


Abb. 4.2.8: Überreichweite durch *Ducting*-Effekt (Reflexion an Inversionsschicht)

(4) Interpretation des Radarbildes und Probleme der Identifizierung

Da die Erfassung und Darstellung von Radarzielen von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird, können, selbst bei optimaler Einstellung der Radaranlage, Objekte, die der Beobachter auf dem Radarschirm zu sehen erwartet, unsichtbar bleiben oder verfremdet erscheinen, weil sie

- ganz oder teilweise durch andere Objekte abgeschattet werden,
- schlechte, unregelmäßige oder inhomogene Rückstrahleigenschaften besitzen,
- sich außerhalb der Radarreichweite befinden,
- durch die Grenzen der azimutalen und radialen Auflösung verzerrt werden oder verschmelzen,
- tidenbedingten Änderungen unterliegen,
- durch Regen-, Seegangs- oder andere Störechos verdeckt werden oder
- bei Änderung des Anstrahlwinkels ihren Reflexionsschwerpunkt verändern.

Als schwierig erweist sich oftmals die Identifizierung von Küstenlinien im Rahmen der Radarnavigation. Je nach Beschaffenheit der Küste können die Darstellungen in Radar und Seekarte erheblich voneinander abweichen, so dass markante Küstenlinien, die sich in der Seekarte scheinbar als Orientierungshilfe anbieten, im Radar nur schwer auffindbar sind. Diese mehr oder weniger großen Differenzen werden hauptsächlich durch Abschattungseffekte, inhomogene Rückstrahleigenschaften der küstennahen Topografie, tidenbedingte Änderungen der Uferlinie oder das später auftauchende flache Küstengebiet vor Gebirgen verursacht. Erschwerend kommt hinzu, dass die Darstellung einer Küste während der Vorbeifahrt laufend variiert. Abb. 4.2.9 zeigt einen Ausschnitt des Hamburger Hafens. Man erkennt in der Gegenüberstellung von Radarbild und Kartendarstellung gut, wie die Umrisse von Fahrwassern und Hafenbecken durch Abschattungseffekte und mangelndes Auflösungsvermögen weitgehend unkenntlich gemacht werden. Nur wenige markante Konturen lassen sich eindeutig identifizieren.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

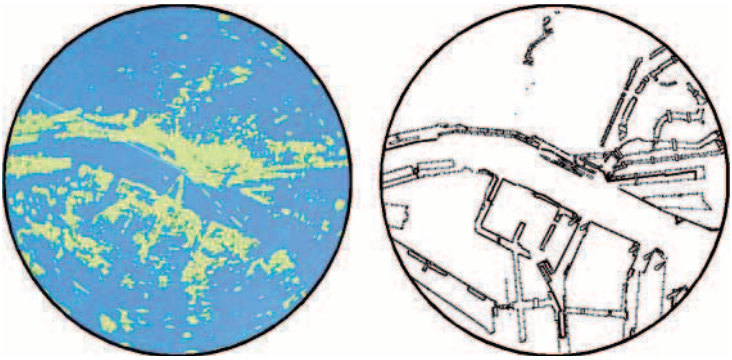


Abb. 4.2.9: Gegenüberstellung Radarbild – Karte

(5) Schattensektoren, Fehlanzeigen im Radarbild

a) Schattensektoren, Blindsektoren

Hindernisse produzieren je nach Größe und Abstand zur Radarantenne unterschiedlich ausgeprägte Schatten- oder Blindsektoren auf dem Radarbild. Solche Hindernisse können beispielsweise Strukturen des eigenen Schiffs (Mast, Schornstein) oder auch entferntere Objekte (Insel, Fremdschiff) sein. Schattensektoren bezeichnen den Bereich des Halbschattens hinter einem solchen Objekt, Blindsektoren den des Kernschattens (Abb. 4.2.10). Während im Schattensektor teilweise noch gut reflektierende Objekte geortet werden können, herrscht im Blindsektor vollkommene Abschattung. Schatten- und Blindsektoren sollen möglichst nicht im Bereich zwischen recht voraus und 22,5 ° achterlicher als querab auftreten [4.2.1] und darüber hinaus auf ein Minimum reduziert bleiben. Werden in einem Schatten- oder Blindsektor Radarechos angezeigt, handelt es sich zumeist um indirekte Echoanzeigen (s. u.).

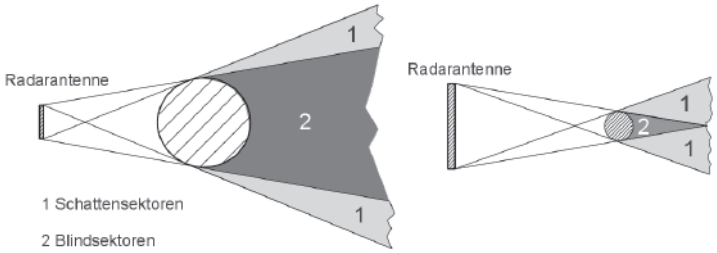


Abb. 4.2.10: Schatten- und Blindsektoren bei Objekten unterschiedlicher Größe

b) Indirekte Echoanzeigen

Indirekte Echoanzeigen entstehen durch Reflexion an Bauteilen des eigenen Schiffes (Schornstein, Masten etc.) oder an anderen Objekten im Nahbereich (großes Schiff, Kaimauer). Bei diesen „Geisterechos“ werden der ausgehende Sende- und der rückkehrende Echoimpuls jeweils reflektiert, wenn die Antenne in die Richtung dieses nahen Objektes weist. Die Darstellung des indirekten Echos auf dem Radarbild erfolgt dann in dieser – falschen – Richtung und im nahezu richtigen Abstand, da die Entfernung von der Sendeantenne zum Reflexionsobjekt meist nur sehr klein ist und nicht ins Gewicht fällt. Sehr häufig ist dieser Effekt zu beobachten, wenn Signal-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

masten in unmittelbarer Nähe der Radarantennen angeordnet sind (Abb. 4.2.11). Diese sind zwar zu schmal um eine merkliche Abschattung hervorzurufen, da sie sich aber über einen größeren Antennenwinkel im Ausbreitungsweg der Radarstrahlen befinden, bewirken die Reflexionen der Zielechos an diesen Masten ein „Verschmieren“ der Echoanzeige über diesen Sektor.

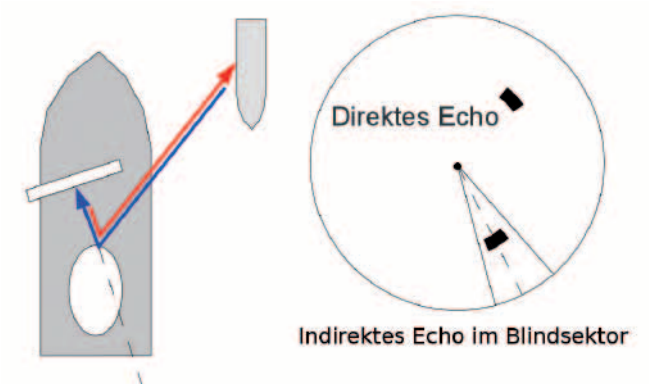


Abb. 4.2.11: Indirekte Anzeige eines Fahrzeugs im Blindsektor (Reflexion am Schornstein)

c) Mehrfachechos

Mehrfachechos entstehen durch mehrfache Hin- und Her-Reflexion zwischen Ziel und Eigenschiff (Abb. 4.2.12). Hinter dem „wahren“ Echo des Ziels erscheinen in gleicher Peilung (auf der gleichen Ablenkspur) und in Abständen, die ein ganzzahliges Vielfaches des Zielabstands betragen, schwächer werdende „Geisterechos“. Dieses Phänomen tritt bei stark reflektierenden Zielen in geringem Abstand auf.

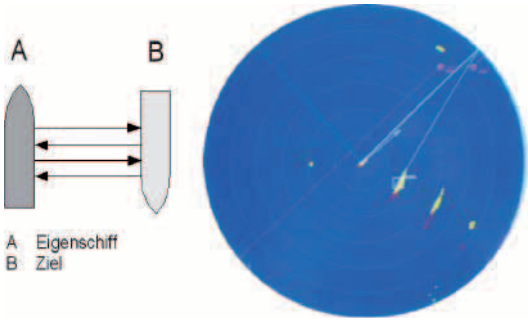


Abb. 4.2.12: Mehrfachreflexion: Entstehung und Anzeige

d) Nebenzipfelechos

Die stets vorhandenen Nebenkeulen haben gegenüber der Hauptkeule zwar nur eine sehr geringe Sendeleistung, können aber dennoch zu Echoanzeigen führen, wenn ein gut reflektierendes Ziel in unmittelbarer Nähe vorhanden ist (Abb. 4.2.13). Die Anzeigen der Nebenzipfelechos sind infolge der geringen Bündelung der Nebenkeulen diffus, manchmal kreisbogenförmig. Die Abstände entsprechen dem wahren Zielabstand, die Peilungen sind jedoch falsch, da die Anzeige in Richtung der Hauptkeule erfolgt.

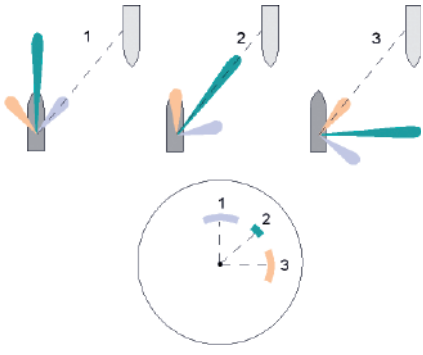


Abb. 4.2.13: Nebenzipfelechos (Abstand richtig, Peilung falsch)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

e) Zweitauslenkungsechos

Zweitauslenkungsechos entstehen, wenn infolge von Überreichweiten Echos weit entfernter Ziele – statt auf der zum Impuls gehörenden Ablenkspur – erst auf der nächsten (oder sogar einer weiteren) Spur zur Anzeige kommen. Beispiel: In Abb. 4.2.14 werden die Ziele 1 und 2 regulär im 12 sm-Bereich angezeigt, weil deren Echos innerhalb des Empfangsfensters von 148 µs (dem Messbereich von 12 sm entsprechend) nach Aussendung des Sendeimpulses 1 eintreffen. Die Ziele 3 und 4 werden nicht angezeigt, denn ihre Echos treffen erst im Empfänger ein, nachdem das Empfangsfenster geschlossen wurde. Das Empfangsfenster öffnet sich jedoch wieder für weitere 148 µs, wenn nach der Wiederkehr von 1000 µs Sendeimpuls 2 die Antenne verlassen hat. Da ein Impuls während der Wiederkehr von 1000 µs eine Strecke von 81 sm hin- und zurückläuft (Gl. 4.2.1), liegt der Mindestabstand für Ziele, deren Echoimpulse während der zweiten Empfangsphase empfangen werden können, bei 81 sm, der Maximalabstand bei 81 sm + 12 sm = 93 sm. Das 87 sm entfernte Ziel 5 erscheint folglich – sofern es die Ausbreitungsbedingungen der Radarwellen und die Reflexionseigenschaften des Zieles zulassen – innerhalb dieser zweiten Empfangsphase wie ein Objekt in 6 sm Abstand auf dem Radarschirm.

Zu beachten: Unter meteorologischen Bedingungen, die zu Überreichweiten führen (Kap. 4.2.2(3)), ist immer mit der Möglichkeit von Zweitauslenkungsechoanzeigen zu rechnen. Diese können nicht nur durch andere Fahrzeuge hervorgerufen werden, sondern insbesondere auch durch gut reflektierende Landobjekte in großer Entfernung (z. B. eine Gebirgskette; Abb. 4.2.15). Durch die verzerrte Geometrie kann sogar eine stehende Peilung vorgetäuscht werden.

f) Impulse fremder Radargeräte

Impulse fremder Radargeräte erscheinen als Punkte oder kurze Striche, die in Abhängigkeit von der Impulsfolgefrequenz des Fremdradars und des eigenen Radargerätes meist spiralförmige, bei nahezu gleicher Impulsfolgefrequenz kreisförmige Form annehmen (Abb. 4.2.16). Voraussetzung für das Auftreten ist, dass sich andere Sender in nicht zu großer Entfernung von der eigenen Antenne befinden (da Empfang durch schwache Nebenzipfelstrahlung), dass sie innerhalb der Bandbreite des eigenen Empfängers arbeiten und dass die Fremdradarimpulse während der Helltastung (Empfangsbereitschaft) des eigenen Empfängers eintreffen.

Abhilfe: Der Wachoffizier kann die Anzeige von Fremdradarimpulsen in vielen Fällen durch Umschalten auf einen anderen Messbereich verhindern. Technisch lassen sich die Störungen durch den Korrelationsfilter *Interference Rejection (IR)* unterdrücken (Kap. 4.2.3(2)j)).

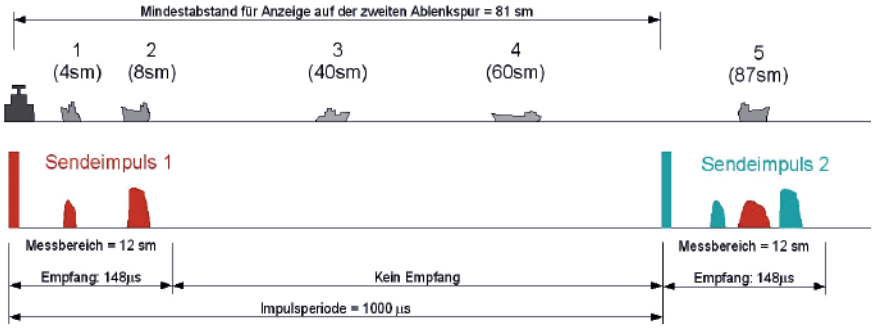


Abb. 4.2.14: Entstehung von Geisterechos als Zweitauslenkungsechos (Prinzip)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

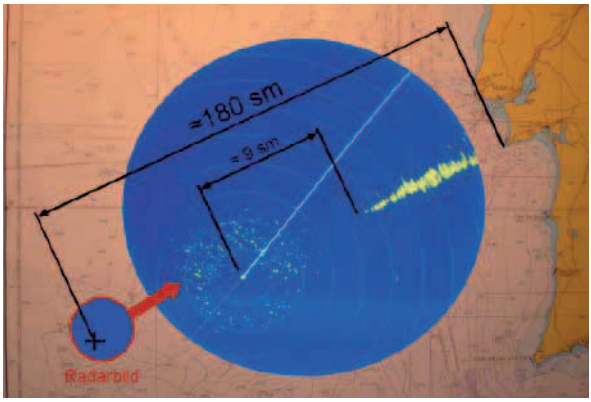


Abb. 4.2.15: Gut reflektierende Küste auf der dritten Ablenkspur

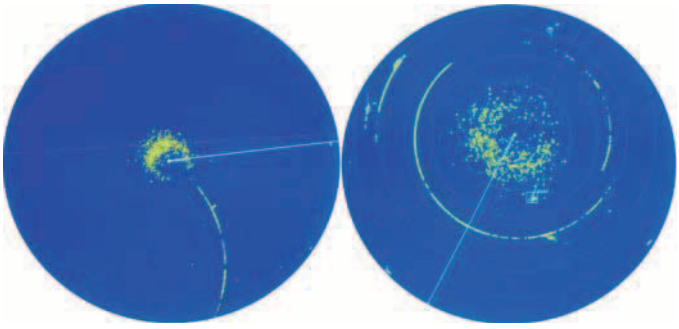


Abb. 4.2.16: Anzeige von Fremdradarimpulsen bei ähnlicher (links) und nahezu identischer (rechts) Impulsfolgefrequenz

g) Kreuzende Überwasserleitungen

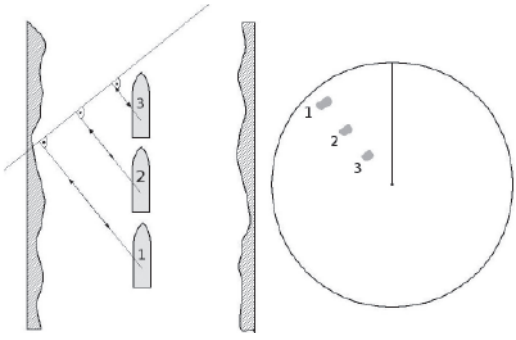


Abb. 4.2.17: Kreuzende Überwasserleitungen werden als wandernder Punkt in stehender Peilung angezeigt

Überlandleitungen reflektieren Radarstrahlen nur an dem Punkt zur Antenne zurück, an dem diese senkrecht auftreffen (Kap. 4.2.2(1)). Nähert sich ein Fahrzeug einer solchen Leitung, die eine Wasserstraße diagonal überspannt, wandert dieser Reflexionsschwerpunkt bei konstanter Peilung zur Fahrwassermitte hin ein. Die Leitung wird also als Punktziel abgebildet, das sich bei gleichbleibender Peilung dem Schiff nähert (Abb. 4.2.17). Durch diese „Stehende Peilung“ (Kap. 4.2.5(2)b)) entsteht der Eindruck, dass ein Fahrzeug auf Kollisionskurs ist, was bereits zu falschen Ausweichmanövern und Unfällen geführt hat. Kreuzt ein Kabel die Wasserstraße im rechten Winkel, erscheint diese Punktzielanzeige konstant recht voraus. Um den Gefahren zu begeg-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

nen, sind häufig Radarreflektoren auf der Leitung angebracht, wodurch eine – als solche erkennbare – Kette von Punktzielechos angezeigt wird.

4.2.3 Bedienelemente und optimale Bildeinstellung

(1) Allgemeine Grundsätze

a) Einschalten

Wird ein Radargerät eingeschaltet bzw. aus dem *Standby*-Modus aktiviert, sollte sich der Bediener bewusst sein, dass er nicht nur einen Computermonitor einschaltet, sondern die gesamte Sende- und Empfangstechnik. Damit wird auch eine Antenne von mehreren Metern Spannweite in Rotation versetzt. Es muss daher sichergestellt sein, dass sich niemand im Gefahrenbereich aufhält.

b) Grundeinstellung

Nach dem Einschalten des Radars ist zunächst die Grundeinstellung vorzunehmen. Diese umfasst die Wahl von Darstellungsart und Messbereich, die optimale Einstellung des Empfängers, die Anpassung der *Anti-Clutter*-Filter (Seegangs- und Regenfilter; Störechoanzeigenbeseitigung) an die vorherrschenden Wetterbedingungen sowie gegebenenfalls die Aktivierung anderer Funktionen zur Verbesserung der Radarbilddarstellung.

c) Dauernde Überprüfung

Während des Betriebes ist laufend zu überprüfen, ob alle Einstellungen den aktuellen Erfordernissen entsprechen. Eine Nachjustierung kann z. B. bei Änderungen der Wetterverhältnisse (Niederschläge, Seegang) oder beim Umschalten der Entfernungsbereiche notwendig sein. Auch sollte eine bestehende Radareinstellung bei Wachübernahme nicht kritiklos übernommen, sondern stets von neuem vollständig überprüft werden.

(2) Wichtige Bedienelemente

Die wichtigsten Bedienelemente von Radargeräten sollen im Folgenden dargestellt werden. Die Reihenfolge ist so gewählt, wie sie bei der Grundeinstellung zu empfehlen ist.

a) „STANDBY/X-BAND/S-BAND“

Mit dem Einschalten des Radargerätes ist oftmals (herstellerabhängig) bereits die Auswahl des Frequenzbandes (X- oder S-Band) verbunden. Voraussetzung für die Verfügbarkeit dieser Option ist, dass

- eine X-Band- und eine S-Band-Sende-/Empfangseinheit vorhanden sind,
- auf die beiden Sende-/Empfangseinheiten über einen Verteilerschalter *Interswitch* oder bei modernen Anlagen über ein Daten-Netzwerk von den verschiedenen Sichtgeräten aus zugegriffen werden kann.

Bei manchen Konfigurationen sind X-Band- und S-Band-Empfänger fest einem Anzeigegerät zugeordnet und können nicht über Kreuz betrieben werden.

b) *Master-/Slave*-Konfiguration

Sollen zwei Sichtgeräte gemeinsam auf einen X- oder S-Band-Empfänger zugreifen, fungiert eines der Geräte als *Master*, das zweite als *Slave*. Dabei hat in der Regel nur das *Master*-Gerät vollen Zugriff auf die Bedienelemente des Empfängers (Impulslänge, *TUNE* u. a. je nach Hersteller). Das *Slave*-Gerät hat nur eingeschränkte Zugriffsmöglichkeiten, die ebenfalls hersteller- und modellbedingt variieren.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zu beachten: Auch wenn am *Slave*-Gerät verschiedene Messbereiche zur Auswahl stehen, wird die Impulslänge stets durch den Messbereich des *Master*-Gerätes bestimmt. So kann es beim *Slave*-Gerät in großen Messbereichen zu sehr schwachen Echoanzeigen kommen, wenn das *Master*-Gerät im kleinen Bereich mit kurzen Impulsen betrieben wird. Umgekehrt kann die Zielauflösung am *Slave*-Gerät mangelhaft sein, wenn dieses im kleinen Messbereich betrieben wird, das *Master*-Gerät aber im großen Bereich mit langen Impulsen.

c) *PRESENTATION* (Darstellungsart) – Bildorientierung und Bewegungsmodus

***Head Up*-Modus:** Im *Head Up*-Modus zeigt der Vorausstrich *(Heading line)* der Kielrichtung immer nach oben. Das Bild entspricht dem Blick aus dem Brückenfenster, was beim Manövrieren auf Flüssen und Kanälen von gewissem Vorteil sein kann, in den meisten Situationen dagegen die Orientierung erschwert, da das Radarbild gegenüber der Seekarte verdreht ist. Dadurch gestaltet sich insbesondere die Identifizierung von Küstenkonturen schwierig. Der *Head Up*-Modus ist nicht kompassstabilisiert. Er funktioniert dementsprechend auch bei Ausfall oder Fehlen einer Kompass-Schnittstelle. Bei Kursänderungen oder Kursschwankungen verschmiert infolge der fehlenden Stabilisierung das Radarbild, da es sich bei feststehender Kielrichtung (oben) unter dem Vorausstrich wegdreht (Abb. 4.2.18 links). Jede Kursänderung verändert die Anzeige der tatsächlichen Zielbewegungen, was zu unregelmäßigen Nachleuchtschleppen führt und deren Aussagekraft vermindert. Dabei wird auch die Feststellung einer stehenden Peilung mittels elektronischer Peillinie bei Gierbewegungen des Eigenschiffs erschwert.

Auf der festen Gradskala am Bildrand ist zunächst nur die Seitenpeilung abzulesen. Zu dieser muss der anliegende Kompasskurs addiert werden, um zur Kompasspeilung zu gelangen (Kap. 2.1.5). Einige Hersteller bieten auch eine stabilisierte *Head Up*-Darstellung an. Hierbei wird im Hintergrund mit stabilisierten Kursdaten gerechnet und der aktuelle Kompasskurs am nach oben zeigenden Vorausstrich angezeigt.

Zu beachten: Wenn kein Kompass-Signal zur Verfügung steht, kann es bei Kursänderungen und den damit verbundenen Peilungsänderungen der Echopunkte auf dem Bildschirm zu folgenschweren Fehlern kommen. Beispiele:

- Bei automatischer Unterdrückung von Störechos durch Korrelation (s. u.) können ungewollt Nutzechos eliminiert und damit nicht angezeigt werden.
- Bei der automatischen Zielverfolgung (*Target Tracking*; s. u.) können Zielverluste auftreten.

***Course Up*-Modus:** Die *Course Up*-Darstellung hat Ähnlichkeit mit der *Head Up*-Darstellung, ist aber im Gegensatz zu dieser kompassstabilisiert. Das Radarbild ist bezüglich der festen Gradskala so gedreht, dass der zum Zeitpunkt der Aktivierung anliegende Kompasskurs nach oben zeigt. In dieser Ausrichtung bleibt das Bild fixiert, selbst wenn sich der eigene Kurs ändert. Eine Kursänderung führt dazu, dass der anfänglich nach oben weisende Vorausstrich auswandert oder – beim Gieren des Schiffes – um den Ausgangskurs pendelt (Abb. 4.2.18 Mitte). Die bei der *Head Up*-Darstellung beschriebenen Nachteile, die sich aus dem unstabilisierten Radarbild ergeben, werden bei *Course Up* vermieden.

Ein Nachteil besteht allerdings darin, dass das Radarbild nach jeder ausgeführten Kursänderung manuell zurückgesetzt werden muss. Solange dies unterbleibt, befindet sich das Bild in einem irritierenden Zustand, da weder der anliegende Kurs noch die Nordrichtung oben anliegen (Abb. 4.2.18 Mitte).

***North Up*-Modus:** Im *North Up*-Modus wird das Radarbild mit der Nordrichtung nach oben stabilisiert. Das Bild entspricht damit in seiner Orientierung der Seekarte. Auf der festen Gradskala befindet sich die Nordrichtung oben, der Vorausstrich weist auf den anliegenden Kompasskurs. Nur dieser ändert sich bei einer Kursänderung, das Radarbild bleibt stabilisiert (Abb. 4.2.18 rechts).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

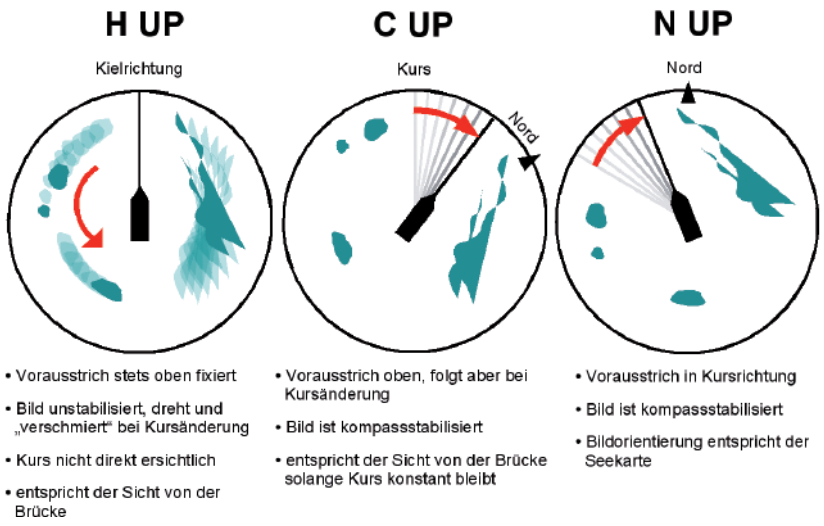

H UP
Kielrichtung
• Vorausstrich stets oben fixiert
• Bild unstabilisiert, dreht und „verschmiert" bei Kursänderung
• Kurs nicht direkt ersichtlich
• entspricht der Sicht von der Brücke
C UP
Kurs
Nord
• Vorausstrich oben, folgt aber bei Kursänderung
• Bild ist kompassstabilisiert
• entspricht der Sicht von der Brücke solange Kurs konstant bleibt
N UP
Nord
• Vorausstrich in Kursrichtung
• Bild ist kompassstabilisiert
• Bildorientierung entspricht der Seekarte

Abb. 4.2.18: Auswirkung einer Kursänderung nach Steuerbord in verschiedenen Darstellungsarten

In den meisten Anwendungsfällen ist die nordstabilisierte Darstellung allen anderen vorzuziehen, weil die einheitliche Orientierung aller navigatorischen Systeme (Radar, Elektronische Seekarte, Papierseekarte) die Gefahr von Fehlinterpretationen mindert. In einigen Ausnahmefällen, z. B. bei einer südgehenden Kanalpassage, kann eine Benutzung des *Course Up*-Modus sinnvoll sein, da hier im *North Up*-Modus ein gewisses Risiko der „Rechts-Links-Vertauschung" besteht. Eine Übersicht der drei Darstellungsarten und ihr dynamisches Verhalten bei einer Kursänderung bietet Abbildung 4.2.18.

Relative Bewegung (*Relative Motion*; *RM*): In diesem Anzeigemodus bleibt die Eigenschiffsposition stets ortsfest in der Bildschirmmitte oder so versetzt *(Off Centre)*, dass ein größerer Überwachungsbereich – in der Regel nach voraus – entsteht. Alle Zielbewegungen werden relativ bezogen auf das Eigenschiff wiedergegeben.

Absolute Bewegung (*True Motion*; *TM*): Sowohl das Eigenschiff als auch alle Radarziele bewegen sich mit ihren (maßstäblich) absoluten Geschwindigkeiten über den Bildschirm. Nähert sich die Eigenschiffsposition dem Bildschirmrand, erfolgt ein automatischer oder vom Bediener initiierter *Reset* (Kap. 4.2.5(1)a)).

Kombinationsmöglichkeiten von Bildorientierungen, Bewegungsmodi und *Trails*: Die verschiedenen Radarbildorientierungen können in unterschiedlichen Bewegungsmodi und mit verschiedenen Nachleuchtschleppen *(Trails)* betrieben werden (Abb. 4.2.19):

- *Head Up* ist immer ein relatives Radarbild (*Relative Motion*; *RM*), bei dem auch die Nachleuchtschleppen ausschließlich relativ generiert werden.
- *Course Up* ist ebenfalls ein relatives Radarbild, kann jedoch mit absoluten oder relativen Nachleuchtschleppen betrieben werden.
- *North Up* kann
  - im relativen Bewegungsmodus (*Relative North; RM*) oder
  - im absoluten Bewegungsmodus (*True Motion; TM*)

angezeigt werden, in beiden Fällen wahlweise mit relativen (Bezeichnung: *RM(R)*) oder absoluten Nachleuchtschleppen (Bezeichnung: *RM(T)*).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

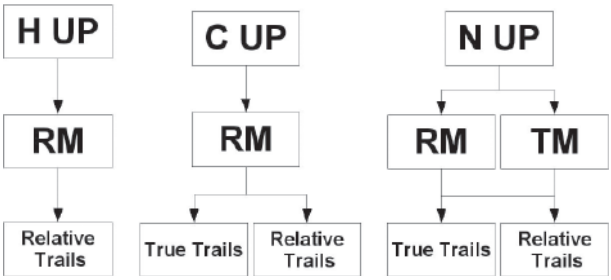


Abb. 4.2.19: Radardarstellungsarten; Möglichkeiten der Kombination von Bildorientierung, Bewegungsmodus und Vergangenheitsinformation *(Trails)*

d) *Short Pulse, Medium Pulse, Long Pulse* (Impulslänge)

Es stehen (herstellerabhängig) mehrere vordefinierte Möglichkeiten zur Auswahl, beispielsweise *Short Pulse (SP)*, *Medium Pulse* (*MP* – manchmal sogar in mehreren Abstufungen wie *MP1*, *MP2*, *MP3*) und *Long Pulse (LP)*. Welche Impulsdauern diesen Kategorien zugeordnet sind, ist den Herstellerhandbüchern zu entnehmen. Da die erforderliche Impulslänge weitgehend vom Messbereich abhängig ist (Kap. 4.2.2(2)a)), stehen nicht alle Auswahlmöglichkeiten in allen Messbereichen zur Verfügung.

Empfehlung:

- Im freien Seeraum längere Impulse, weil die höhere Impulsenergie eine bessere Zielerfassung gewährleistet,
- in Küstennähe, bei hohem Verkehrsaufkommen und auf Revierfahrt kurze Impulse wegen der besseren radialen Zielauflösung.

e) *Tune* (Abstimmung)

Die Abstimmung des Empfängers auf die Sendefrequenz des Magnetrons kann entweder manuell vorgenommen oder der automatischen Frequenzkontrolle (*AFC; Automatic Frequency Control*) überlassen werden. Bei manueller Einstellung ist die Oszillatorfrequenz (Kap. 4.2.1(2)b)) solange zu verändern, bis die Echoanzeigen auf dem Bildschirm die augenscheinlich größte Intensität erreichen. Eine Balkenanzeige erleichtert diesen Vorgang.

Empfehlung: Diese Einstellung sollte in einem möglichst großen Messbereich durchgeführt werden, da die größeren Impulslängen in diesen Bereichen eine kleinere Bandbreite belegen und deshalb die Abstimmung präziser erfolgen kann. Für die Beurteilung der Bildintensität muss im gewählten Messbereich mindestens ein auffälliges Radarziel auf dem Schirm zu sehen sein.

f) *Gain* (Verstärkung)

Die Verstärkung der Echosignale (Kap. 4.2.1(2)b)) sollte aus der Nullstellung soweit erhöht werden, bis auf dem Bildschirm das erste Rauschen (thermisches Rauschen; Schrotrauschen) sichtbar wird. Das Rauschen entsteht durch die Elektronenbewegungen im Empfänger und macht sich auf dem Radarschirm durch kleine, zufällig gestreute Punkte bemerkbar. Man kann davon ausgehen, dass beim Erreichen der Rauschgrenze die Verstärkung so hoch ist, dass alle Echos realer Ziele – soweit technisch möglich – angezeigt werden.

Warnungen und Empfehlungen:

- Zur optischen Bestätigung, dass die Anlage an der Rauschgrenze betrieben wird, sollte man stets ein wenig Bildrauschen zulassen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Keinesfalls darf die Verstärkung dazu benutzt werden unerwünschte Störechos (Regen, Seegang, Interferenzen) zu unterdrücken, da dabei auch Nutzechos verloren gehen können. Hierzu sind nur die dafür vorgesehenen Filter *(STC, FTC)* zu verwenden.
– Bei modernen Radaranlagen kann die Anzeige des Rauschens u. U. durch Korrelationstechniken unterdrückt werden. Während der Grundeinstellung sollten alle Korrelationsfilter (z. B. *clean sweep*) deaktiviert werden (Kap. 4.2.1(2)e)).
– Das Handbuch des Herstellers sollte konsultiert werden, wenn kein Bildrauschen beobachtet werden kann.

g) *Range* (Messbereich)

Nach dem Einstellen der Verstärkung kann der Messbereich ausgewählt werden, in dem das Radar betrieben werden soll. Die *IMO Performance Standards* [4.2.1] sehen mindestens die Messbereiche 0,25, 0,5, 0,75, 1,5, 3, 6, 12 und 24 sm vor. Bei manchen Anlagen ist die Bereichsauswahl noch größer, etwa von 0,125 bis 96 sm. Für *Docking*-Manöver stehen auch metrische Maße (250 m, 500 m) zur Verfügung.

h) *STC/Anti Clutter Sea* (Nahechodämpfung)

Die Nahechodämpfung *(STC = Sensitivity Time Control)* dämpft Echos in der Nähe liegender Ziele (Abb. 4.2.20). Da Seegangsechos hauptsächlich im Nahbereich (bis etwa 6 sm) auftreten, werden im Wesentlichen diese, aber auch andere Echos, geschwächt. Die Wirkungsweise besteht darin, dass der Verstärkungsgrad des Empfängers von Null (zum Sendezeitpunkt) zeitverzögert auf seinen Maximalwert *(GAIN)* ansteigt. Dadurch werden nahe Ziele weniger, entfernte Ziele im vollen Maße verstärkt. Während diese Funktion früher direkt am Zwischenfrequenzverstärker ansetzte, beeinflusst der je nach Hersteller mit *„SEA“* oder *„Anti Clutter Sea“* bezeichnete Bedienknopf bei neueren Geräten meist nur das Videosignal der lokalen Workstation.

Warnungen und Empfehlungen:

– Die Nahechodämpfung ist kein seegangsspezifischer Filter, da sich ihre Wirkung auf alle (!) Echos im Nahbereich erstreckt. Daher ist sie mit großer Vorsicht einzusetzen.
– Insbesondere schwach reflektierende Ziele (z. B. Holz- oder Kunststoffboote), deren Echo-Signalstärke sich gar nicht oder nur geringfügig aus den umgebenden Seegangsechos heraushebt, werden durch zu hohe *STC*-Einstellung leicht unterdrückt.
– Zur optischen Bestätigung, dass keine Nutzziele unterdrückt werden, sollte man stets eine gewisse Anzeige von Seegangsreflexen zulassen.

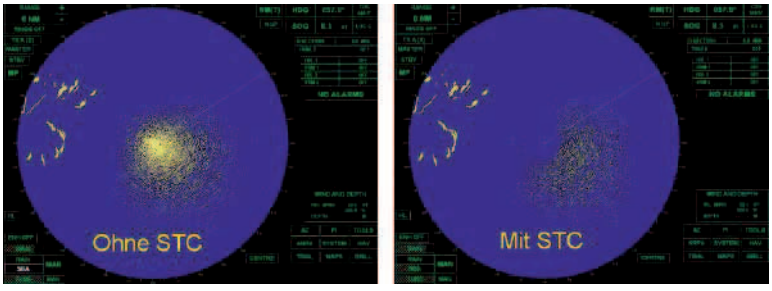


Abb. 4.2.20: Nahechodämpfung – Nahe Echos werden weniger verstärkt als entfernte

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

i) *FTC/Anti-Clutter Rain* (Filterung von Regenechos)

Großflächige, durch Wolken oder Niederschläge hervorgerufene Echoanzeigen können im gesamten Anzeigebereich des Radarbildschirms störend auftreten. Zur „Regenenttrübung“ wird als Filter ein Differenzierglied *(FTC; Fast Time Constant)* im Demodulator (Kap. 4.2.1(2) b)) verwandt. Dieses löscht alle Bereiche aus, bei denen die Signalstärke konstant bleibt oder abfällt, so dass nur die Bereiche mit ansteigender Signalstärke sichtbar bleiben. Dadurch werden alle Echoanzeigen auf dem Bildschirm radial verkürzt, die Vorderkanten betont und große, gleichmäßige Flächen in Einzelechoanzeigen aufgelöst (Abb. 4.2.21). Auch diese Funktion wird bei modernen Radargeräten zunehmend in der nachgeschalteten Signalverarbeitung realisiert. Hierbei wird lokal die Verstärkung durch Manipulation der Speicherzelleninhalte (*CFAR*-Prinzip; *constant false alarm rate*) reduziert, bis ein definiertes Maß an Fehlzielen unterdrückt wird.

Beispiel: Die Flächenechoanzeige eines idealisierten (homogenen) Regenschauers würde mit diesem Verfahren auf die Vorderkante reduziert, und ein Schiff, dessen Echosignalstärke die des umgebenden Schauers übersteigt, würde radial dahinter sichtbar. In der Realität ist das Verfahren aber weniger wirksam, da die Radarechos innerhalb von Niederschlagsgebieten inhomogen sind und die schwankenden Signalstärken auch bei aktivierter *FTC* zu Anzeigen führen (Abb. 4.2.21).

Warnungen und Empfehlungen:

- Durch *FTC* erscheinen Radarziele radial unrealistisch verkürzt. Vorderkanten werden bevorzugt angezeigt.
- *Racon*-Signale (im Allgemeinen langer radialer Strich) werden gar nicht mehr angezeigt.
- Regenechos sollten nicht durch Herunterregeln der Gesamtverstärkung *(GAIN)* reduziert werden, da damit der Verlust von Nutzechos einhergeht.

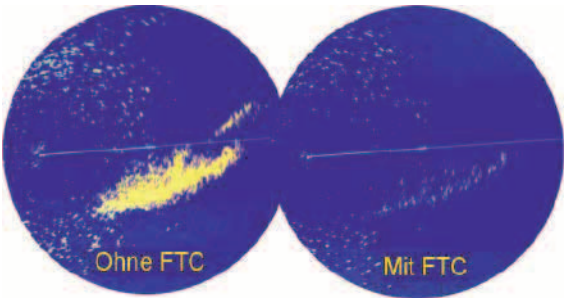


Abb. 4.2.21: *„FTC“* Große gleichmäßige Flächen werden in Einzelechos aufgelöst

j) Weitere Bildreinigungsfunktionen

Moderne Radaranlagen liefern verschiedene weitere Bildreinigungsfunktionen:

- ***Interference Rejection:*** Die Funktion dient der Unterdrückung von Impulsen fremder Radargeräte (Kap. 4.2.2(5)f)). Sie wird im Wesentlichen durch *Sweep-to-sweep*-Korrelation (Kap. 4.2.1(2)e)) realisiert.
- ***Clean sweep*, *Clear scan*, *Echo averaging* etc.:** Hinter diesen herstellerspezifischen Bezeichnungen verbergen sich *Scan-to-scan*-Korrelationsverfahren zur Bildbereinigung (Kap. 4.2.1(2)e)).
- ***Echo Stretching*, *Echo Enhancement*, *Echo Expansion*:** Alle Radarechos werden radial und azimutal künstlich gestreckt und damit vergrößert. Dadurch werden kleine Radarziele

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

zum Zwecke der besseren Erkennung hervorgehoben. Die Bezeichnung variiert je nach Hersteller.

4.2.4 Radarnavigation

(1) Ortsbestimmung

Positionsbestimmungen mittels Radar werden in der Regel durch Kombinationen von Radarabstandsmessungen und/oder Radarpeilungen ausgeführt.

a) Radarabstand

Methode: Die Radarabstandsmessung kann entweder durch Anlegen eines variablen Abstandsrings *(Variable Range Marker; VRM)* erfolgen oder einfacher – wenn verfügbar – indem der Cursor auf ein Objekt platziert und sein Abstand vom Schiff abgelesen wird. Wichtig ist in beiden Fällen, dass die Bezugskante für den Abstand stets die dem Beobachter zugewandte Vorderkante der Echoanzeige ist, da die Rückseite radial verlängert dargestellt wird (Abb. 4.2.22). Als Standlinie ergibt sich ein Kreis um das Objekt mit dem Radius des gemessenen Abstands.

Objekte: Gut eignen sich Kaimauern, Felsküsten oder ortsfeste Punktziele im Wasser wie Baken, Leuchttürme oder Plattformen. Problematisch sind demgegenüber flach ansteigende Küsten, Steilküsten mit vorgelagerten Stränden oder Küsten in Tidengewässern mit variabler Uferlinie. In diesen Fällen ist insbesondere bei größeren Messabständen ungewiss, welche Teile der Küstenlinie vom Radar erfasst werden und welche unsichtbar bleiben. Tonnen bieten aus radartechnischer Sicht zwar gut identifizierbare Ziele, wegen der Gefahr des Vertreibens ist allerdings Vorsicht geboten.

Genauigkeit: Eine Radar-Abstandsmessung kann sehr genau sein, wenn das gemessene Objekt gute Reflexionseigenschaften und eine klar definierte Struktur besitzt. Die Abstandsungenauigkeit soll laut *IMO Performance Standards* [4.2.1] maximal 30 m oder 1 % des eingestellten Messbereichs betragen, wobei der größere der beiden Werte gilt.

b) Radarpeilung

Methode: Eine Radarpeilung erfolgt durch das Positionieren einer elektronischen Peillinie *(Electronic Bearing Line; EBL)* auf ein Radarecho. Alternativ kann auch der Cursor auf das zu peilende Objekt gelegt werden. Bei einem kompassstabilisierten Radarbild wird direkt die Kompasspeilung abgelesen, bei einem nicht stabilisierten Radarbild *(Head Up)* muss zur abge-

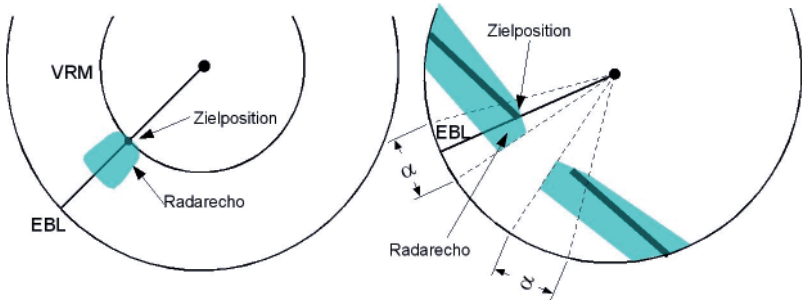


Abb. 4.2.22: Radarmessungen zur Ortsbestimmung
Links: Messung von Abstand und Peilung eines Punktzieles mit *VRM* und *EBL*
Rechts: Exakte Peilung einer Objektkante mit dem *EBL*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

lesenen Radarseitenpeilung noch der Kompasskurs addiert werden, um die Kompasspeilung zu erhalten. Als Standlinie der Radarpeilung ergibt sich – nach Korrektur der Kompassfehlweisung (Kap. 2.1.4) – der Peilstrahl durch das gepeilte Objekt.

Objekte: Bei Punktzielen (z. B. eine Bake) wird die *EBL* auf die Mitte der Echoanzeige platziert (Abb. 4.2.22). Beim Peilen der Kante eines ausgedehnten Zieles (Kap, Landzunge, Hafeneinfahrt) muss ggf. die azimutale Verzerrung der Radarechos um die halbe Keulenbreite $\alpha/2$ beiderseits der Zielposition berücksichtigt werden.

Genauigkeit: Die Ungenauigkeit von Peilungen soll maximal 1 ° betragen [4.2.1]. Zur genauen Peilung von Objektkanten muss der Beobachter die *EBL* um $\alpha/2$ von der Kante des Radarechos entfernt platzieren (Abb. 4.2.22). Dabei kann er sich an den Echoanzeigen nahebei liegender Punktziele (azimutale Ausdehnung = α) orientieren.

c) Kombination von Standlinien

Zur Bestimmung der Schiffsposition sind mindestens zwei Standlinien erforderlich. Im Schnittpunkt der Standlinien befindet sich die aktuelle Position. Grundsätzlich können Radarpeilungen und -abstände beliebig kombiniert werden:

- Als praktikabelste Methode hat sich die Kombination aus Radarpeilung und Radarabstand eines Zieles erwiesen, da sie leicht durchzuführen ist, nur ein einziges gut identifizierbares Ziel erfordert und die Standlinien (Peilstrahl und Abstandskreis) einen rechten Winkel bilden. Der Einfluss des Schnittwinkels der Standlinien wird in Kap. 2.1.4 beschrieben.
- Positionen aus Kreuzpeilungen oder aus zwei Radarabständen sind in der Praxis eher unüblich, da gleichzeitig zwei geeignete Objekte im Radar sichtbar sein müssen, deren Peilungen bzw. Abstandsmessungen Standlinien ergeben, die sich etwa im rechten Winkel schneiden. Zwei Abstandsmessungen erfordern die – etwas aufwendigere – Konstruktion von Abstandskreisen in der Seekarte.
- Bieten sich mehrere Radarziele an, kann die Position durch weitere Standlinien abgesichert werden.

(2) *Parallel Indexing*

a) Zweck

Die Bahnführung von Schiffen wird durch die Verwendung des GPS (Kap. 3.1) stark vereinfacht. Insbesondere in Verbindung mit elektronischen Seekartensystemen (Kap. 4.1) ist die fortlaufende Bahnkontrolle sehr komfortabel, da die Schiffsposition permanent angezeigt wird und Abweichungen von der Route leicht erkennbar sind. Bei Verwendung von Papierseekarten muss die GPS-Position regelmäßig von Hand eingetragen werden, und zwar umso öfter, je präziser das Schiff auf Kurs gehalten werden soll. In beiden Fällen ist es wichtig, die GPS-Daten laufend mit alternativen Mitteln zu überprüfen. Dieses kann – unabhängig von externen Positionssensoren – durch das *Parallel Indexing*-Verfahren geschehen. Eine ausführliche Beschreibung des *Parallel Indexing*-Verfahrens findet sich unter [4.2.5].

b) Prinzip

In einem relativ-nordstabilisierten Radarbild bewegen sich die Echoanzeigen feststehender Referenzobjekte auf parallel zum eigenen Kurs verlaufenden Bahnen (*Parallel Index Lines*; *PI*-Linien) in entgegengesetzter Richtung. Der Abstand dieser Linien vom Eigenschiff entspricht dem Passierabstand zu den Objekten *(Cross Index Range)*. Die Bahnkontrolle erfolgt durch Verfolgen der Echoanzeigen des Referenzobjektes auf seiner geplanten Bahn (Abb. 4.2.23):

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

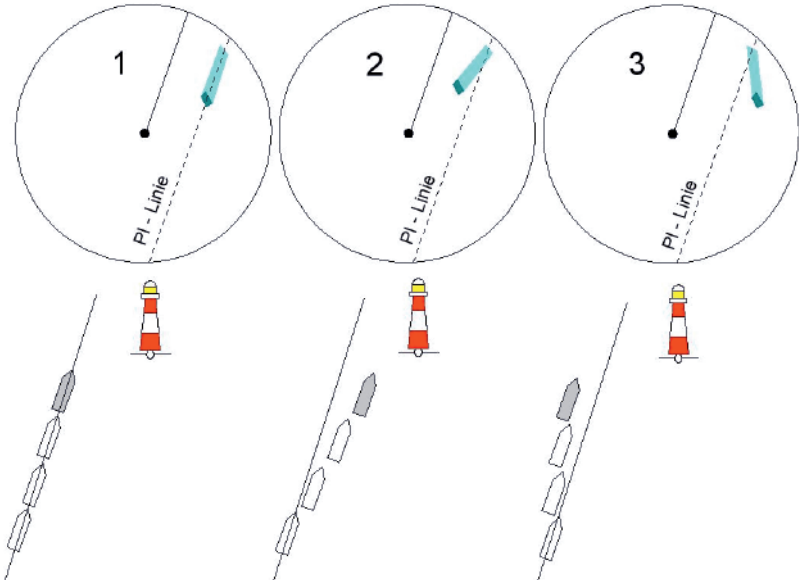


Abb. 4.2.23: *Parallel Indexing* – Eigenschiff und Anzeige des ortsfesten Referenzobjektes
Das Eigenschiff befindet sich (1) *„On Track“*, (2) *„Off Track“* zum Objekt hin, (3) *„Off Track“* vom Objekt weg

- Bewegt sich die Echoanzeige auf der *PI*-Linie, wird der geplante *Track* eingehalten (Situation 1).
- Verlässt ein Referenzobjektecho die Bahn zu der dem Beobachter zugewandten Seite, kommt das Schiff dem Objekt zu nahe (Situation 2). Hier: Kursänderung nach Backbord erforderlich.
- Verlässt es seine Bahn nach außen, liegt eine Kursabweichung vom Objekt weg vor (Situation 3). Hier: Kursänderung nach Steuerbord erforderlich.

Soll das *Parallel Indexing* auf einem Routenabschnitt mit mehreren Kursänderungen angewandt werden, ist für jeden Bahnabschnitt eine eigene *PI*-Linie zu erstellen. Der zu zeichnende *PI-Track* bildet ein punktsymmetrisch gespiegeltes Abbild der eigenen Route (Abb. 4.2.24).

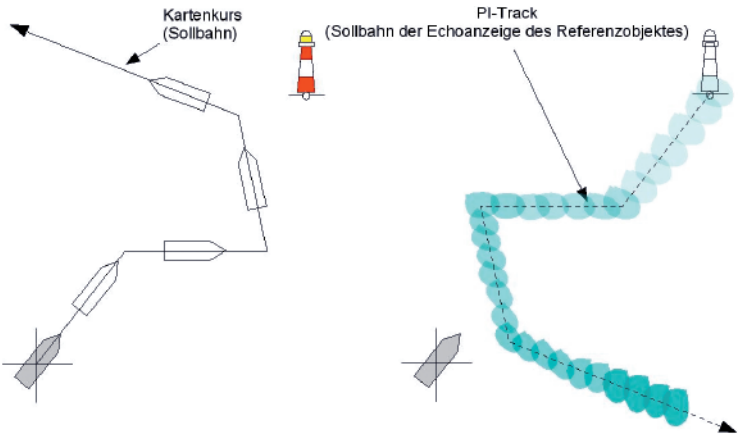


Abb. 4.2.24: *Parallel Indexing* auf komplexen Bahnen
Links: Geplante Bahn; Rechts: *PI*-Linie des Referenzzieles

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Schnittpunkte der *PI*-Linien entsprechen dabei den Kursänderungspunkten (Wegpunkten). Wenn das Referenzobjekt einen Schnittpunkt erreicht hat, ist der neue Kurs zu fahren. Der Übergang von einem Kurs zum nächsten erfolgt in der Realität allerdings nicht im Wegpunkt, sondern – beginnend am Ruderlegepunkt – auf einer Kurve. Letzteres kann mit dem *PI*-Verfahren praktisch nicht dargestellt werden, da nur gerade *PI*-Linien verfügbar sind.

Im Prinzip können außer den *PI*-Linien des Referenzechos auch *PI*-Linien für Ruderlegelinien/Ruderlegepunkte *(„Wheel-over")* und Sicherheitsgrenzen *(„Cross track error limits"; XTE)* gesetzt werden. Praktisch ist dies nur eingeschränkt möglich, da die Anzahl der verfügbaren *PI*-Linien in den meisten Radargeräten auf vier begrenzt ist.

c) Vorbereitung

Das *Parallel Indexing*-Verfahren ist im Rahmen der Reiseplanung vorzubereiten. Dazu werden entlang des Reisewegs markante Referenzobjekte ausgewählt und deren Passierseite und gewünschte Passierabstände notiert. Bei der Erzeugung der Linien müssen ihre Richtung (Gegenkurs) und ihr Parallelabstand sowie die Passierseite eingegeben werden. Alternativ können die Linien auch mit dem Cursor nach Lage und Richtung positioniert werden.

d) Ausführung

Bei der Anwendung des Verfahrens sind einige Grundsätze zu beachten:

- Das Radarbild muss kompassstabilisiert sein (üblicherweise relativ-nordstabilisiert), da die *PI*-Linien auf die Gegenrichtung des Kartenkurses ausgerichtet werden.
- Es ist laufend zu kontrollieren, ob das Radarecho des Referenzziels auf seiner *PI*-Line fortschreitet.
- Verlässt es diese in Richtung der eigenen Backbordseite, muss eine Kurskorrektur nach Backbord erfolgen (Abb. 4.2.23 Fall 2).
- Verlässt das Ziel seinen *Track* in Richtung der eigenen Steuerbordseite, muss eine Kurskorrektur nach Steuerbord erfolgen (Abb. 4.2.23 Fall 3).
- Der spiegelbildliche Verlauf der *PI-Tracks* zur Bahn des eigenen Schiffs macht das Verfahren für Anfänger schwierig. Um es im Ernstfall (z. B. bei Ausfall der Positionssensoren) sicher anwenden zu können, sollte es zuvor im Routinebetrieb trainiert werden.

e) Vorteile des *Parallel Indexing*-Verfahrens

- Die Bahnkontrolle erfolgt kontinuierlich.
- Die Radarbeobachtung muss nicht unterbrochen werden.
- Das Verfahren ist unabhängig von externen Positions- und Geschwindigkeitssensoren.

f) Nachteile des Verfahrens

- Die Verfolgung von Objekten auf *PI*-Spuren, die dem eigenen *Track* spiegelbildlich sind, erfordert Übung.
- Gekrümmte Bahnabschnitte (Bahnradien) sind nicht darstellbar.
- Es besteht die Gefahr der Ablenkung von anderen Radarinformationen.

Zu beachten: Auch das *Parallel Indexing* darf nicht als alleiniges Mittel der Bahnkontrolle genutzt werden. Die Notwendigkeit regelmäßiger Ortsbestimmungen mit alternativen Methoden bleibt bestehen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.2.5 Radarbildauswertung zur Kollisionsverhütung

(1) Relevante Radarinformationen und ihre Darstellungsart

Es wird im Folgenden nur die Anzeige von Einzelzielen, die für die Kollisionsverhütung wesentlich sind (Schiffe, Tonnen usw.), betrachtet, nicht das gesamte Radarbild mit Küstenkonturen.

a) Das Radarvideo

Das Radarbild zeigt Eigenschiff und Zielschiff jederzeit in einer zueinander richtigen relativen Position. Für die Analyse der Schiffbewegungen (zeitlicher Ablauf) ist zu unterscheiden:

- **Relatives Bild *(RM)*:** Das Eigenschiff wird stets ortsfest an einem Punkt des Radarbildschirms angezeigt, entweder in der Bildschirmmitte oder dezentriert aus dieser versetzt *(Off Centre)*. Richtung und Geschwindigkeit aller Zielbewegungen erscheinen relativ zum Eigenschiff.
- **Absolutes Bild *(TM)*:** Sowohl das Eigenschiff als auch die übrigen Ziele bewegen sich entsprechend ihren wahren Kursen und Geschwindigkeiten über den Radarschirm. Sobald sich das Eigenschiff dem Bildschirmrand nähert, wird das Bild (manuell oder automatisch) zurückgesetzt.

b) Nachleuchtschleppen *(Trails)*

Diese Funktion entspricht dem Nachleuchten der phosphoreszierenden Beschichtung früherer Elektronenstrahl-Sichtgeräte und wird bei modernen Geräten künstlich generiert. Sie kann vom Bediener wahlweise zugeschaltet und in ihrer Nachleuchtdauer variiert werden. Nachleuchtschleppen zeigen kontinuierlich den zurückgelegten Weg der Radarziele – wahlweise relativ oder absolut.

Bei modernen Radargeräten ist ihre Darstellungsart technisch und geometrisch nicht an die *TM*- oder *RM*-Einstellung des Radarbildes gebunden. So können in einem *RM*-Bild auch absolute Nachleuchtschleppen dargestellt werden, so dass dem momentanen Aussehen nach ein *True Motion*-Bild entsteht, obwohl das Eigenschiff auf dem Schirm nicht in Bewegung ist. Bei einigen Herstellern ist diese Darstellungsart unter dem Namen *Relative Motion-True trails (RM-T)* implementiert.

c) Vergangenheitspositionen *(Past Positions)*

Der absolut oder relativ zurückgelegte Weg von Radarzielen kann auch durch Vergangenheitspositionen (*Past positions* (Kap. 4.2.5(2)e – Abb. 4.2.31)) dargestellt werden. Dazu muss das Ziel akquiriert sein (Kap. 4.2.6; *Target Tracking*). Der Wachoffizier kann Zeitmarken für die Vergangenheitspositionen einstellen (z. B. 1,5 oder 3 min).

d) Vektoren

Wird ein Radarziel in definierten Zeitabständen *(Plott-Interval)* mehrfach geortet (Feststellung von Peilung und Abstand vom Eigenschiff), lassen sich sein Kurs und seine Geschwindigkeit aus diesen Positionen berechnen (Plotten). In der Annahme, dass das Objekt Kurs und Geschwindigkeit beibehält, kann aus den gewonnenen Informationen eine Prognose der zukünftigen Bewegung des Ziels erstellt und diese als Vektor auf dem Radarschirm visualisiert werden. Die Richtung des Vektors gibt den Kurs, die Länge gibt die Geschwindigkeit des Zieles an. Die Vektorspitze zeigt die Position an, die ein Ziel nach Ablauf der eingestellten Vektorzeit T *(Vector time)* erreicht haben wird. Für „getrackte“ Ziele werden Vektoren automatisch berechnet und angezeigt (Kap. 4.2.6).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Relative Vektoren *(Relative vectors)*: Sie zeigen die Bewegung des Radarziels auf das Eigenschiff bezogen. Das Eigenschiff hat keinen relativen Vektor, da es sich relativ zu sich selbst in Ruhe befindet ($v_r = 0$) bzw. es hat einen relativen Vektor der Länge 0. Der relative Vektor eines Fremdziels zeigt dessen relativen Kurs und dessen relative Geschwindigkeit an.

Absolute Vektoren *(True Vectors)*: Absolute Bewegungsvektoren beruhen auf den absoluten Geschwindigkeiten der Fahrzeuge/Objekte über Grund oder durch das Wasser (Abb. 4.2.25). Der absolute Vektor des Eigenschiffs zeigt von der momentanen Eigenschiffsposition zu dem Punkt, an dem sich das Eigenschiff – unter Zugrundelegung der eigenen Geschwindigkeit und des gefahrenen Kurses – nach Ablauf der Vektorzeit T befindet.

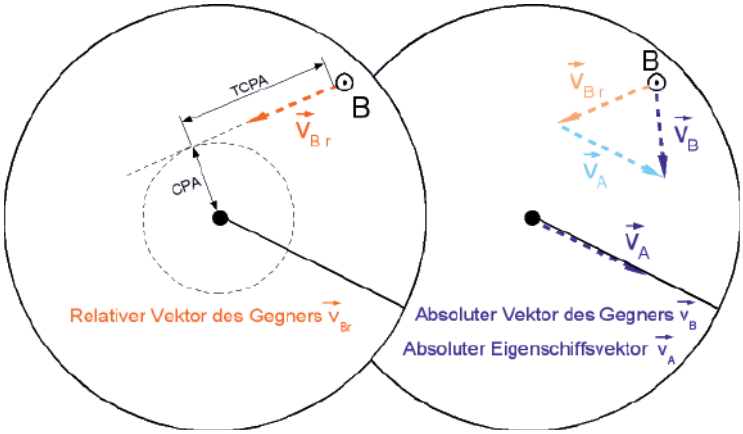


Abb. 4.2.25: Relative (links) und absolute Vektoren (rechts)

Die absoluten Vektoren anderer Radarziele ergeben sich durch Vektoraddition (Abb. 4.2.26): Zum relativen Vektor des jeweiligen Ziels (durch Ortungen ermittelt) wird der absolute Vektor des Eigenschiffs addiert.

$$\vec{\omega}_B = \vec{v}_{Br} + \vec{v}_A \qquad (4.2.6)$$

Zur Berechnung der absoluten Vektoren ist es somit erforderlich, dass dem Radargerät Kurs und Geschwindigkeit des Eigenschiffs über externe Sensoren (Kompass, Log) eingespeist werden. Dabei kommt der Art (EM-Log, Dopplerlog, Satellitenlog, *Reference Target*) und dem Betriebsverfahren (Bewegung über Grund oder durchs Wasser; 1-achsig oder 2-achsig) der Sensoren besondere Bedeutung zu. Über die Art und Herkunft der Geschwindigkeitsdaten muss sich der Radarbeobachter jederzeit im Klaren sein, da er ansonsten zu Fehleinschätzungen bei der Interpretation absoluter Vektoren kommen kann. Daher sind alle ausgewählten Datenquellen kenntlich gemacht [4.2.1].

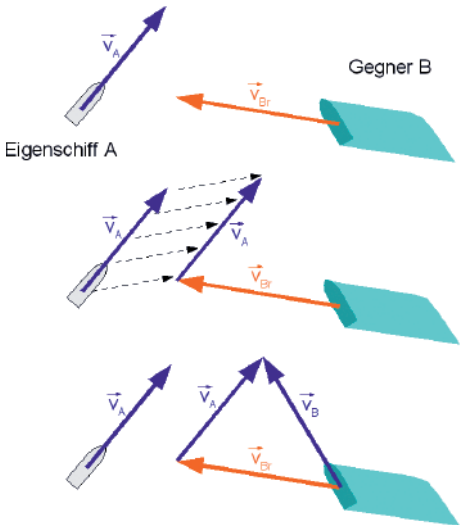


Abb. 4.2.26: Das Dreieck der Geschwindigkeitsvektoren: $\vec{v}_B = \vec{v}_{Br} + \vec{v}_A$

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Beispiel: Man steuert – bei 2 kn Strom gegenan – direkt auf eine Tonne zu und plottet diese mit einer Relativgeschwindigkeit von $\vec{v}_{Br}$ = 10 kn (Abb. 2.6.27). Die Logge liefert FdW = 12 kn. Damit ist FüG = 10 kn.

Es ergibt sich kein relativer Vektor für das Eigenschiff und ein relativer Vektor der Tonne von 10 kn Länge, der auf das Eigenschiff zuweist. Bei Umschaltung auf absolute Vektoren erhält das Eigenschiff einen Vektor von 12 kn, der auf die Tonne zuweist. Die Tonne erhält ihrerseits einen Vektor der Länge 2 kn, der vom Eigenschiff wegweist. Dies ist die Folge der Vektoraddition, bei der zum relativen Vektor der Tonne (10 kn) der absolute Vektor des Eigenschiffs (12 kn) addiert wird. Würde dem Radargerät dagegen die FüG = 10 kn geliefert, erhielte das Eigenschiff einen Vektor der Länge 10 kn und die Tonne keinen Vektor (Länge = 0). Das Arbeiten mit seestabilisierten Vektoren kann also zu Verwechslungen zwischen beweglichen und ortsfesten Zielen führen.

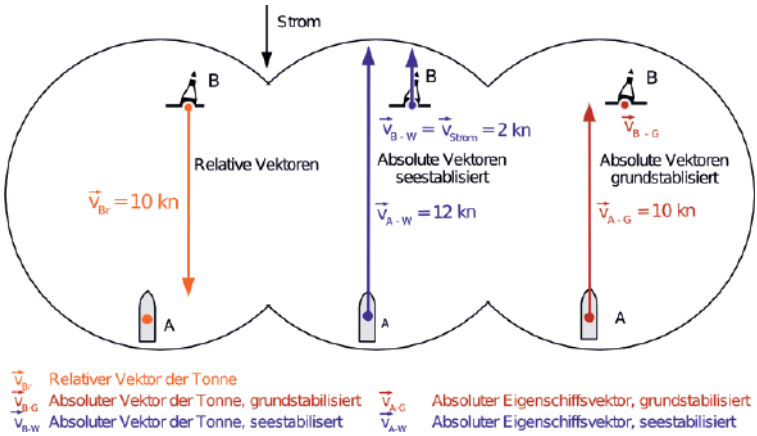


Abb. 4.2.27: Relative sowie grund- und seestabilisierte absolute Vektoren eines ortsfesten Zieles (B)

Auch auf die Darstellung beweglicher Ziele hat die Wahl „grund- oder seestabilisierter" absoluter Vektoren Auswirkungen. Grundstabilisierte Vektoren zeigen in Richtung der Bewegungen über Grund, seestabilisierte Vektoren in Richtung der Bewegungen durchs Wasser. Für die Bewertung der Handlungspflichten nach Abschnitt II der KVR ist in vielen Fällen die Kenntnis der Kielrichtungen der Fahrzeuge bzw. deren Lage (Aspekt) zueinander maßgeblich. Die grundstabilisierten Vektoren können unter Stromeinfluss jedoch erheblich von den Kielrichtungen der Fahrzeuge abweichen, was zu Fehlinterpretationen führen kann, wenn die Vektoren irrtümlich mit den Kielrichtungen gleichgesetzt werden. Gleiches gilt unter Windeinfluss für seestabilisierte Vektoren, allerdings in geringerem Maße, da die Kursversetzungen durch Wind in der Regel geringer sind als die durch Strom verursachten.

In Abb. 4.2.28 ist links eine Begegnungssituation zwischen Eigenschiff A und Gegner B gezeigt. Deutlich ist zu sehen, wie sich die grundstabilisierten Vektoren bei herrschendem Strom von den seestabilisierten Vektoren unterscheiden. Beim Vergleich der Radarbilder (seestabilisiert und grundstabilisiert) ist zu erkennen, dass

- die drohende Kollision in beiden Fällen zum gleichen Zeitpunkt angezeigt wird,
- der Kollisionsort unterschiedlich ist,
- im grundstabilisierten Bild die Abweichung des Eigenschiffsvektors vom Vorausstrich auf die Stromversetzung hindeutet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zu beachten: Die ernst zu nehmende Problematik relativiert sich vor dem Hintergrund, dass der Aspekt der Fahrzeuge nur bei Ausweichsituationen nach Abschnitt II KVR (Fahrzeuge haben einander in Sicht) maßgeblich ist und unter diesen Bedingungen die optische Sicht zur Lagebeurteilung herangezogen wird. Fehleinschätzungen sind somit nur im Grenzbereich zu Regel 19 KVR denkbar, wenn bei Insichtkommen des Gegners die Abweichung im Aspekt zu der Annahme verleitet, der Gegner habe bereits eine Kursänderung vollzogen. Bei AIS-Zielen werden die Kielrichtungen der Fahrzeuge durch die Symbole eindeutig angezeigt (Tabelle 4.2.2).

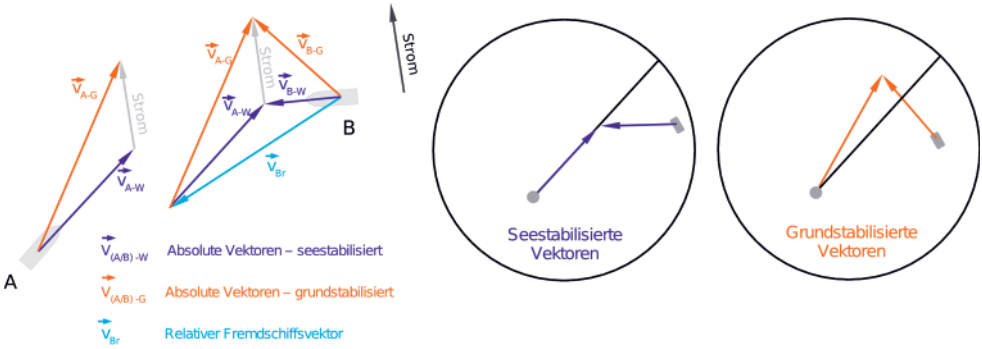


Abb. 4.2.28: See- und grundstabilisierte Vektoren zweier Fahrzeuge auf Kollisionskurs

(2) Erkennung von Kollisionsrisiken

a) Grundsätzliches

Die Verpflichtung zur frühzeitigen Erkennung von Kollisionsrisiken, insbesondere unter Zuhilfenahme des Radargerätes, ergibt sich aus der Regel 7 der Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (KVR) [4.2.6]:

„a) Jedes Fahrzeug muss mit allen verfügbaren Mitteln entsprechend den gegebenen Umständen und Bedingungen feststellen, ob die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht. Im Zweifelsfall ist diese Möglichkeit anzunehmen.

b) Um eine frühzeitige Warnung vor der Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes zu erhalten, muss eine vorhandene und betriebsfähige Radaranlage gehörig gebraucht werden, und zwar einschließlich der Anwendung der großen Entfernungsbereiche, des Plottens oder eines gleichwertig systematischen Verfahrens zur Überwachung georteter Objekte."

Ein Kollisionsrisiko besteht immer dann, wenn sich ein Fahrzeug unmittelbar auf Kollisionskurs nähert oder auf einem Kurs, der zu einem unsicheren Passierabstand führt. Wirksame Kollisionsverhütung ist nicht auf die sequenzielle Bewältigung von Gefahrensituationen zu beschränken, vielmehr bedarf es präventiver Strategien mit dem Ziel, potenziell gefährliche Verkehrskonstellationen vorausschauend zu identifizieren und gegebenenfalls zu vermeiden. Solche Konstellationen entstehen bei konkurrierenden Handlungspflichten gegenüber mehreren Fahrzeugen sowie verkehrsbedingt oder geografisch eingeschränktem Manöverraum. Man kann also zwei Ebenen der Kollisionsverhütung definieren:

Unmittelbare Kollisionsverhütung: Unmittelbare Kollisionsrisiken und Schiffsbewegungen, die bei Beibehaltung der anliegenden Kurse und Geschwindigkeiten zu gefährlichen Annäherungen führen, müssen als solche identifiziert werden. Die Verpflichtung hierzu ergibt sich aus den Regeln 5 und 7 der KVR. Die Erkennung solcher unmittelbaren Risiken ist Voraussetzung für die Festlegung und Ausführung von Manövern zur Vermeidung von Zusammenstößen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Mittelbare Kollisionsverhütung: Mittelbare Kollisionsrisiken liegen vor, wenn sich Fahrzeuge zwar nicht auf direkten Kollisionskursen befinden, trotzdem aber in Zukunft eine Bedrohung darstellen könnten. Zur Identifikation solcher Risiken bedarf es der Beobachtung der Fahrzeugbewegungen im Umfeld und der Einschätzung der sich aus den Gegebenheiten des Seegebiets ergebenden Absichten anderer Fahrzeuge. Diese Analyse kann als Grundlage einer präventiven Strategie zur Vermeidung von Kollisionsrisiken dienen.

Nicht alle Radartechniken zur Visualisierung von Zielbewegungen eignen sich für beide Aufgaben gleichermaßen gut:

- Relative Darstellungen sind besser zur Erkennung unmittelbarer Kollisionsrisiken geeignet, da sie die direkten Auswirkungen fremder Schiffsbewegungen auf das Eigenschiff zeigen.
- Absolute Darstellungen eignen sich zur Identifikation mittelbarer Kollisionsrisiken besser, da sie die Bewegungen der Fahrzeuge bezogen auf das Seegebiet darstellen und damit Rückschlüsse auf deren Absichten zulassen.

Die verschiedenen Verfahren sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer Eignung zur Erkennung mittelbarer und unmittelbarer Gefahren erörtert werden.

b) Erkennung eines Kollisionsrisikos durch „Stehende Peilung“

Eine Kollisionsgefahr liegt vor, *„wenn die Kompasspeilung eines sich nähernden Fahrzeugs sich nicht merklich ändert“* (KVR; Regel 7d i) [4.2.6]. Überprüfbar ist die „Stehende Peilung“ sowohl optisch mittels Peildiopter oder im Radarbild.

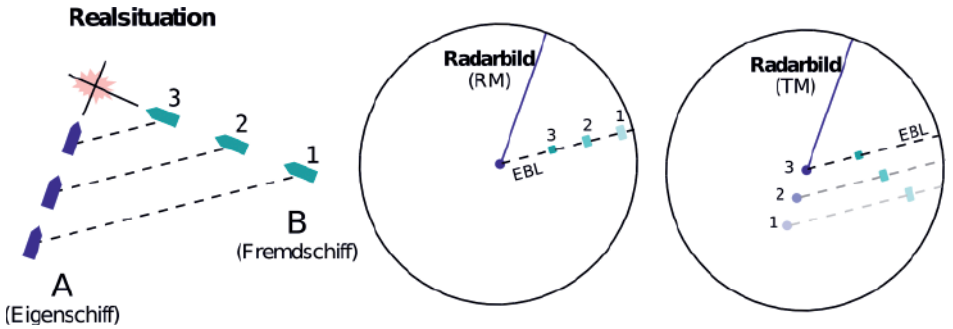


Abb. 4.2.29: Kollisionsanzeige durch stehende Peilung mit *EBL* im *RM*-Bild und mitgeführte *EBL* im *TM*-Bild

Für die Praxis gilt:

- Im Radar erfolgt die Feststellung einer stehenden Peilung, indem eine *EBL* auf das Ziel gelegt wird. Bewegt sich das Ziel entlang der *EBL* auf das Eigenschiff zu, droht eine Kollision. Abb. 4.2.29 zeigt die geometrischen Zusammenhänge. Im *TM*-Radarbild muss eine relative (mitgeführte) *EBL* benutzt werden. Da Radargeräte in der Regel über maximal zwei *EBLs* verfügen, ist das Verfahren nur für zwei Ziele anwendbar.
- Die Kontrolle mittels *EBL* muss im Verdachtsfall aktiv vom Benutzer durchgeführt werden. Mit bloßem Auge ist eine Annäherung in stehender Peilung im Radar nur schwer zu erkennen.
- Inwieweit eine gegebenenfalls leicht auswandernde Peilung zu einem sicheren Passierabstand führen wird, ist ohne weitere Hilfsmittel nur schwer zu beurteilen.
- Regel 7d ii) der KVR schränkt sogar ein, dass eine Kollisionsgefahr u. U. auch dann bestehen kann, *„wenn die Peilung sich merklich ändert, insbesondere bei der Annäherung an ein sehr großes Fahrzeug, an einen Schleppzug oder an ein Fahrzeug nahebei.“*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

c) Erkennung von Kollisionsrisiken mit Hilfe von Nachleuchtschleppen *(Trails)*

Die Kollisionsverhütung erfordert Vorhersagen der zukünftigen Bewegungen von Fahrzeugen im Umfeld, Nachleuchtschleppen zeigen den in der Vergangenheit zurückgelegten Weg an (Abb. 4.2.30). Auf dieser Grundlage kann der Radarbeobachter abschätzen, wie sich die Ziele weiterhin verhalten werden.

Relative Nachleuchtschleppen lassen auf eine unmittelbare Kollisionsgefahr schließen, wenn die gedachte Verlängerung der Nachleuchtschleppe auf das Eigenschiff weist (Abb. 4.2.30, Fahrzeug oben rechts).

Absolute Nachleuchtschleppen liefern ein umfassendes Bild der Bewegungen aller Fahrzeuge im Seeraum und eignen sich deshalb besser zur mittelbaren Kollisionsverhütung. Sie erlauben eine schnelle Unterscheidung zwischen beweglichen und festliegenden Zielen, Mitläufern und Entgegenkommern.

Vorteile:

- Nachleuchtschleppen bieten einen schnellen Überblick über alle Zielbewegungen, insbesondere Kursänderungen, und einen vollständigen Überblick über die Verkehrslage.
- Auch nicht aktiv getrackte Ziele erhalten *Trails*.
- Nachleuchtschleppen können der Vorauswahl potenziell gefährlicher Ziele dienen, die dann mit anderen Verfahren genauer analysiert werden.
- Nachleuchtschleppen bilden die Vergangenheit ab und beinhalten deshalb keine Interpretationsfehler.

Nachteile:

- Nachleuchtschleppen bilden nur die Vergangenheit ab.
- Es ist nur eine qualitative Risikobewertung möglich. Genaue Passierabstände und Passierzeiten lassen sich nicht ablesen.
- Das Radarbild wird – neben Seegangs- und Regenechos – in Folge des Nachleuchteffekts beeinträchtigt.
- Relative Nachleuchtschleppen festliegender Objekte (Land, Seezeichen) wirken oft irritierend.

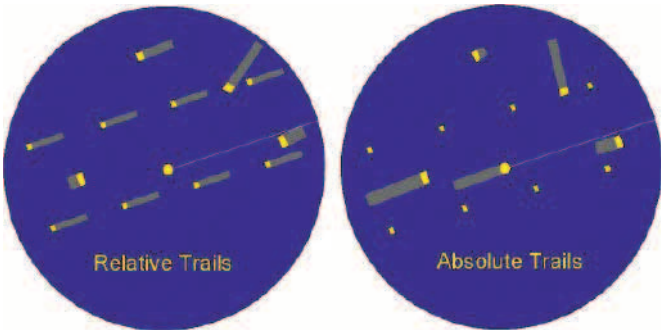


Abb. 4.2.30: Verkehrssituation und Kollisionserkennung mit *Trails*

d) Vergangenheitspositionen *(Past Positions)*

Im Gegensatz zu den Nachleuchtschleppen werden Vergangenheitspositionen (Kap. 4.2.5(1)c)) nur für getrackte Ziele berechnet und in der Regel nicht eigenständig, sondern als Ergänzung der Vektoren (s. u.) angezeigt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Im Vergleich zu *Trails* haben *Past Positions* den

- Vorteil, dass aus den Abständen der Zeitmarken Fahrtänderungen abgelesen werden können, und den
- Nachteil, dass ihre Anzeige nur von „getrackten“ Radarzielen möglich ist, nicht von allen.

e) Erkennung von Kollisionsrisiken mit Hilfe von Vektoren

Vektoren bieten die beste Grundlage zur Einschätzung unmittelbarer Kollisionsgefahren, da sie im Gegensatz zu *Trails* zukunftsorientiert sind.

Relative Vektoren: Besonders geeignet zur Erkennung unmittelbarer Kollisionsgefahren sind relative Vektoren.

- Eine Kollisionsgefahr wird direkt dadurch ersichtlich, dass der Vektor auf das Eigenschiff weist (Abb. 4.2.31, Fahrzeug oben rechts).
- Zeigt der Vektor am Eigenschiff vorbei, ist auf einfache Weise der voraussichtliche kleinste Passierabstand *(CPA; Closest Point of Approach)* messbar, indem ein VRM so an den verlängerten Vektor angelegt wird, dass dieser den VRM tangiert (Abb. 4.2.25, links).
- Die Entwicklung einer Nahbereichslage nach Regel 19 KVR kann bei Einblendung eines Nahbereichs mittels VRM unmittelbar daran erkannt werden, dass der relative Vektor in den Nahbereich weist.
- Die verbleibende Zeit bis zur dichtesten Annäherung (*TCPA; Time to Closest Point of Approach*; Abb. 4.2.25, links) kann anhand der Vektorlänge abgeschätzt werden.

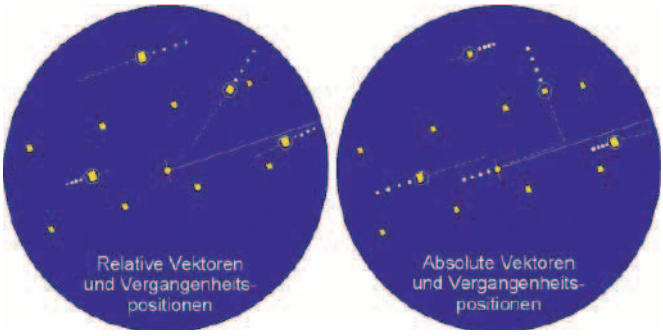


Abb. 4.2.31: Vektoren und Vergangenheitspositionen *(Past Positions)*

Absolute Vektoren: Absolute Vektoren sind nur bedingt zur Erkennung unmittelbarer Kollisionsgefahren geeignet.

- Eine unmittelbare Kollisionsgefahr kann daran erkannt werden, dass sich – durch geeignete Veränderung der Vektorzeit – die Vektorspitzen berühren oder fast berühren. In Abb. 4.2.32 (absolute Vektoren links) liegen die Vektorspitzen der beiden nördlichen Fahrzeuge nahe bei der Spitze des Eigenschiffsvektors und signalisieren damit eine gefährliche Annäherung. Gegenüber dem südlichen Fahrzeug ist die Vektorzeit zu lang eingestellt, so dass eine Beurteilung des voraussichtlichen Passierabstands schwerer möglich ist.
- Andererseits zeigen absolute Vektoren die wahren Bewegungen der Fahrzeuge im Seegebiet an und sind damit aussagekräftiger, wenn es um die Beurteilung der Verkehrslage und damit um die mittelbare Kollisionsverhütung geht.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

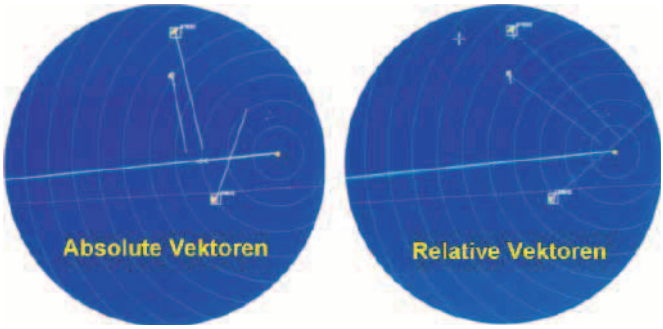


Abb. 4.2.32: Erkennung einer gefährlichen Mehrschiffsituation mit Vektoren

Beispiel 1: Das Eigenschiff folgt dem Einbahnweg eines Verkehrstrennungsgebietes, der einige sm voraus abknickt (Abb. 4.2.33). Ein zweites Fahrzeug nähert sich dem vorausliegenden Bahnabschnitt, vermutlich in der Absicht diesen zu kreuzen. Obwohl dieses Fahrzeug zunächst nicht auf Kollisionskurs liegt, kann dies nach erfolgter Kursänderung der Fall sein, obwohl der momentane relative Vektor nicht auf das Eigenschiff zeigt.

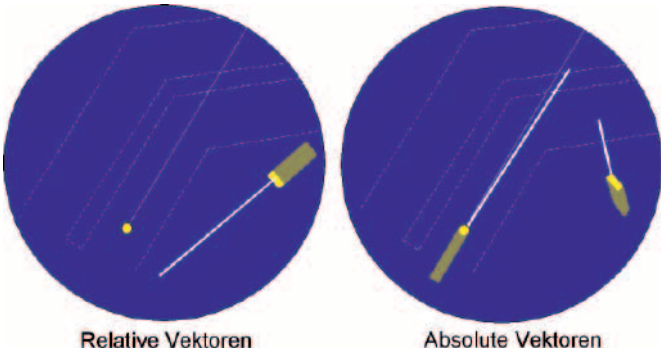


Abb. 4.2.33: Kollisionsrisiko ohne Anzeigen eines aktuellen Kollisionskurses

Beispiel 2: Ein Fahrzeug nähert sich in einem abknickenden Verkehrstrennungsgebiet von Backbord auf Kollisionskurs (Abb. 4.2.34). Da sich der Gegner in der Gegenfahrbahn befindet und vor Erreichen des Kollisionsortes den Kurs ändern muss, um dem Einbahnweg zu folgen, wird voraussichtlich (!) kein Kollisionsrisiko entstehen, obwohl der momentane relative Vektor auf das Eigenschiff zeigt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

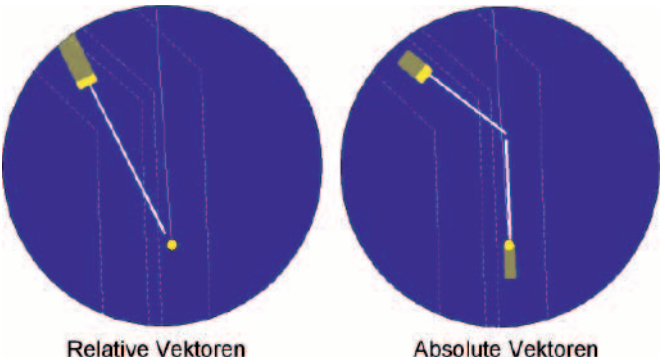


Abb. 4.2.34: Wahrscheinlich (!) kein Kollisionsrisiko trotz Anzeige eines Kollisionskurses

f) Erkennen von Kollisionsrisiken mittels alphanumerischer Werte

Zusätzlich zu den beschriebenen grafischen Hilfen sind für alle getrackten Radarziele folgende alphanumerischen Daten abrufbar [4.2.1]:

- Peilung und Abstand vom Eigenschiff,
- *CPA*, *TCPA* des Zieles,
- Absolutwerte für Kurs und Geschwindigkeit des Zieles.

Viele Geräte zeigen auch den Vorausabstand, in dem ein Ziel passieren wird, *(Bow Crossing Range; BCR)* und die Zeit bis zum Passieren recht voraus *(Bow Crossing Time; BCT)* an.

Zusätzlich sind für aktive AIS-Ziele folgende Daten abrufbar:

- Datenquelle,
- Identität (MMSI-Nummer, Rufzeichen, Schiffsname),
- Navigationsstatus, Positionsdaten und deren Qualität,
- Kompasskurs, KüG, FüG,
- Drehgeschwindigkeit (*Rate of Turn; ROT* – soweit verfügbar).

Die Herkunft der angezeigten Daten (Radar-*Target Tracking* oder AIS) muss jeweils ersichtlich sein. Je nach Ausführung der Radaranlage können die relevanten Daten für ein oder mehrere Ziele angezeigt werden – u. U. nicht alle zur gleichen Zeit.

(3) Auswirkungen eigener Manöver auf die Relativbewegung – *Trial Manoeuvre*

Bevor ein Manöver zur Vermeidung eines Zusammenstoßes eingeleitet wird, kann dessen Wirksamkeit überprüft werden. Insbesondere sind der erzielbare Passierabstand *CPA* und die Passierzeit *TCPA* von Interesse. Auch muss geprüft werden, ob ein Manöver zur Vermeidung einer Nahbereichslage gegenüber einem Fahrzeug nicht in den Nahbereich anderer Fahrzeuge führt.

Prinzip: Konstruktiv lässt sich die Wirkung eines geplanten Manövers am Vektordreieck der Schiffsgeschwindigkeiten ($\vec{V}_A$, $\vec{V}_B$, $\vec{V}_{Br}$) überprüfen. Die beiden absoluten Vektoren $\vec{V}_A$ und $\vec{V}_B$ besitzen den gleichen Ausgangspunkt und spannen zwischen ihren Vektorspitzen den relativen Vektor des Gegners $\vec{V}_{Br}$ auf (Abb. 4.2.35). In diesem Dreieck stellen die absolute Geschwindigkeit und der Kurs des Gegners ($\vec{V}_B$) die aus Sicht des Radarbeobachters A unveränderlichen Größen dar, während die absolute Eigenbewegung $\vec{V}_A$ nach Kurs und Geschwindigkeit variabel ist. Somit kann A durch eine Geschwindigkeitsänderung oder durch eine Kursänderung Richtung und Länge des gegnerischen relativen Vektors beeinflussen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

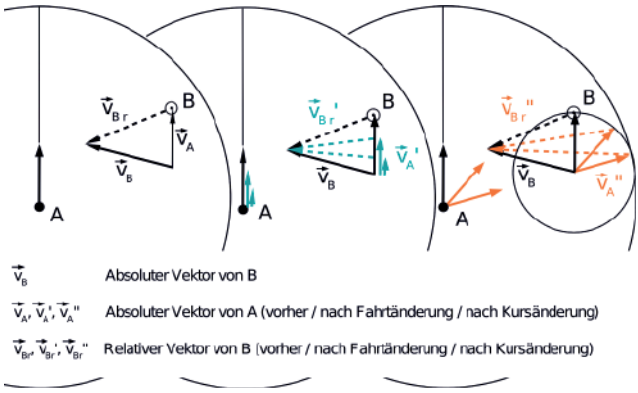

B
A
Absoluter Vektor von B
Absoluter Vektor von A (vorher / nach Fahrtänderung / nach Kursänderung)
Relativer Vektor von B (vorher / nach Fahrtänderung / nach Kursänderung)

Abb. 4.2.35: Veränderung des relativen Vektors von B durch eigene Manöver (Prinzip)
Links: Ausgangssituation
Mitte: Veränderung des relativen Vektors von B infolge von zwei verschiedenen Fahrtänderungen von A
Rechts: Veränderung des relativen Vektors von B infolge von zwei verschiedenen Kursänderungen von A

Praxis: In einer Begegnungssituation (Abb. 4.2.36) wird – wie in den obigen Beispielen – jeweils die gleiche *CPA*-Vergrößerung erzielt, einmal durch Kursänderung nach Steuerbord, einmal durch Fahrtreduzierung. Unterschiedliche Auswirkungen haben beide Manövervarianten jedoch hinsichtlich der Passierzeit: Der relative Vektor wird bei einer Kursänderung ($\vec{V}_{Br}$') länger als bei einer Fahrtreduzierung ($\vec{V}_{Br}$"). Das bedeutet, dass Fahrzeug B wegen der größeren Relativgeschwindigkeit früher den eigenen Bug passieren wird.

Zur schnellen Prüfung dieser Auswirkungen verfügen moderne Radargeräte (vorgeschrieben bei Schiffen > 10000 BRZ) über eine *Trial Manoeuvre*-Funktion (Probemanöver). Das Radargerät wird bei Aktivierung dieser Funktion in den Simulationsmodus versetzt, erkennbar an einem gut sichtbaren „T“ im unteren Bildschirmbereich. Während des aktivierten *Trial*-Manövers können Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen des Eigenschiffs simuliert und deren Auswirkungen auf die relativen Bewegungen der getrackten Radarziele überprüft werden.

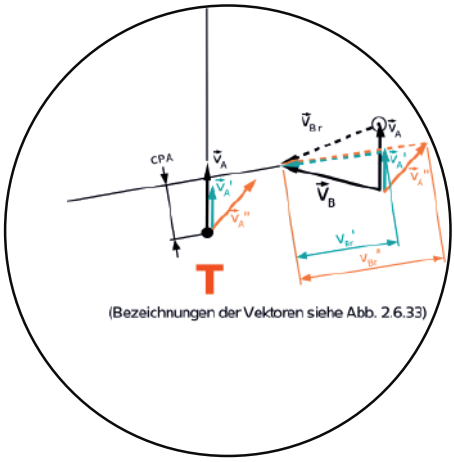


Abb. 4.2.36: Auswirkung von Fahrt- oder Kursänderung beim *Trial*-Manöver (gleiches *CPA*, aber ungleiches *TCPA*)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Vorgeschriebene Mindestfunktionen des *Trial Manoeuvres* [4.2.1] sind:

- Kurs und Geschwindigkeit des Eigenschiffs müssen veränderbar sein.
- Ein Countdown zählt die Zeit bis zum notwendigen Beginn des ermittelten Manövers.
- Die Zielverfolgung muss während des Manövers unverändert weiterlaufen.
- Manöverauswirkungen werden für alle getrackten Radarziele und aktivierten AIS-Ziele gezeigt.
- Das dynamische Eigenschiffsverhalten (Kursänderungen auf einem realistischen Drehkreis; Geschwindigkeitsänderungen mit Zeitverzögerung) soll nachgebildet werden.

Bei manchen Geräten können auch zwei aufeinanderfolgende Manöver simuliert werden, wodurch geprüft werden kann, wie lange auf einem Ausweichkurs gefahren werden muss, bevor die alten Manöverwerte wieder eingesteuert werden können.

(4) Kritische Kursänderungen, zweiter Kollisionskurs

Unter bestimmten Umständen können selbst durchgreifende Kursänderungen zu keiner *CPA*-Vergrößerung führen. Als „kritisch" bezeichnet man genau diejenige Kursänderung, die zu einem unveränderten *CPA* führt. Im schlimmsten Fall führt ein Kurswechsel (2. Kollisionskurs) nur von einem Kollisionsort zu einem anderen. Für das schnellere Fahrzeug gibt es gegenüber einem gegnerischen Fahrzeug immer zwei Kurse, die einen gleichgroßen *CPA* bedingen, bzw. zwei Kollisionskurse.

Beispiel: In Abb. 4.2.37 ist eine Begegnungssituation bei verminderter Sicht dargestellt. Das Fahrzeug B droht von Backbord voraus in den Nahbereich des Eigenschiffs A einzudringen. A beabsichtigt ein Manöver zur Vermeidung des Nahbereichs einzuleiten. Bei einem Ausgangskurs von 000 ° läge die kritische Kursänderung hier bei 060 °, also genau in dem Sektor, in den eine zulässige (!) Kursänderung gemäß Regel 19 d) KVR führen würde. Zudem besteht die Gefahr, dass sich der Gegner nach erfolgter Kursänderung im (weniger beachteten) Achterausbereich befindet.

Warnung: Eine zulässige (!) Kursänderung nach Steuerbord (gemäß Regel 19 d) KVR) kann gegenüber einem Gegner an Backbord voraus zu einem zweiten Kollisionsort bzw. zu einem unverändert unsicheren *CPA* führen. Aus diesem Grund muss jedes Manöver zur Vermeidung des Nahbereichs kontinuierlich sorgfältig auf seine Wirksamkeit überprüft werden, bis der Gegner klargefahren ist.

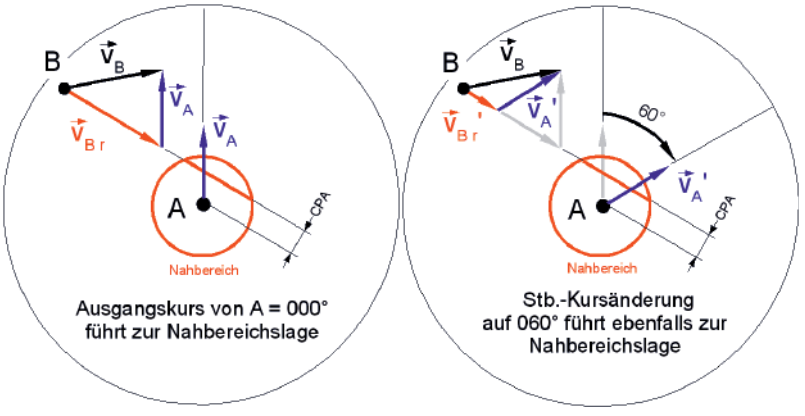


Abb. 4.2.37: Kritische Kursänderung gegenüber Fahrzeug von Backbord nach KVR-Regel 19 d)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zu beachten: Die Manövereinschränkungen der Regel 19 d) KVR bieten einen gewissen Schutz vor anderen kritischen Situationen. Beispiele:

- Besonders gefährlich sind kritische Stb.-Kursänderungen gegenüber Überholern, da diese nicht nur einen unveränderten Passierabstand, sondern stets auch eine Erhöhung der relativen Geschwindigkeit hervorrufen. Gemäß Regel 19 d) KVR ist es deswegen verboten, auf Fahrzeuge zuzudrehen, welche sich querab oder achterlicher als querab befinden.
- Ebenfalls verboten ist eine Kursänderung nach Backbord gegenüber Fahrzeugen vorlicher als querab (außer beim Überholen). Damit sind kritische Kursänderungen gegenüber Fahrzeugen an Steuerbord voraus (spiegelbildliche Situation zu Abb. 4.2.37) im Normalfall ausgeschlossen.

4.2.6 Automatische Zielverfolgung *(Target Tracking)*

(1) Funktionen und operationelle Alarme

Ausrüstungspflicht und Leistungsumfang von Radar-Plotthilfen ergeben sich aus *SOLAS* V – Reg. 19 [3.2.1] und den IMO-Leistungsanforderungen für Radaranlagen [4.2.1].

Anmerkung: *SOLAS* fordert auf Schiffen ab 300 BRZ eine elektronische Plotthilfe (*Electronic Plotting Aid*), ab 500 BRZ eine automatische Plotthilfe (*Automatic Tracking Aid*). Unter elektronischer Plotthilfe sind halbautomatische Verfahren zu verstehen, bei denen die Bewegung eines Ziels nach zweimaliger Akquisition im Abstand einiger Minuten berechnet und vektoriell dargestellt wird. Bei Schiffen ab 10 000 BRZ ist eine „automatische Radarbildauswerthilfe" (*Automatic Radar Plotting Aid; ARPA*) vorzusehen, die im Gegensatz zur automatischen Plotthilfe auch die Möglichkeit eines *Trial*-Manövers (Kap. 4.2.5(3)) umfasst. Zudem müssen alle Schiffe mit einem AIS (Kap. 4.3) ausgerüstet sein. Während die bisher gebräuchlichen Systeme „elektronische Plotthilfe", „automatische Plotthilfe" und „automatische Radarbildauswerthilfe" in *SOLAS* V noch zu finden sind, kommen sie in den seit Juli 2008 geltenden *Performance Standards* für Radargeräte [4.2.1] nicht mehr vor. Die Begriffe wurden unter dem Ausdruck *TT (Target Tracking)* zusammengefasst.

Die wesentlichen Funktionen und Alarme des *Target Tracking* sind – abhängig von den Schiffsgrößenklassen < 500 BRZ (1), > 500 BRZ (2) und > 10 000 BRZ (3) [4.2.1] – im Folgenden beschrieben. **Anmerkung:** Bei Schiffen kleiner 300 BRZ ist gem. *SOLAS* V kein *THD (Transmitting Heading Device)* vorgeschrieben. Ohne *Heading*-Sensor ist kein *Target Tracking* möglich.

a) Funktionen der automatischen Zielverfolgung *(Target Tracking)*

Das *Target Tracking* umfasst mindestens die folgenden Funktionen:

- manuelle Zielerfassung,
- automatische Zielerfassung mit einstellbaren Überwachungsgebieten (3),
- Verarbeitung und Anzeige von 20 (1), 30 (2) oder 40 (3) akquirierten Radar- und aktivierten AIS-Zielen,
- Verarbeitung und Anzeige von 100 (1), 150 (2) oder 200 (3) inaktiven AIS-Zielen,
- automatische Verfolgung und Aktualisierung aller Zieldaten,
- vektorielle Darstellung der zukünftigen Zielbewegungen,
- Vergangenheitspositionen und/oder Nachleuchtschleppen,
- alphanumerische Zieldaten: Quelle, Peilung, Abstand, *CPA*, *TCPA*, absoluter Kurs, absolute Geschwindigkeit,
- Trendanzeige der Zielbewegung: 1 min nach Zielakquisition, 3 min für stabile Bewegung,
- Filterung (Glättung) der Zielbewegungen, um stabile Anzeigen zu gewährleisten,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– frühzeitige Erkennbarkeit von Zielmanövern,
– Minimierung von Zielverfolgungsfehlern und Zielvertauschungen,
– Möglichkeiten zur Deaktivierung einzelner oder aller Ziele,
– Probemanöver *(Trial Manoeuvre)* (3),
– für AIS-Ziele: Anzeige der *Ship Report*-Daten aktivierter AIS-Ziele.

b) Operationelle Alarme der automatischen Zielverfolgung *(Target Tracking)*

Das *Target Tracking* beinhaltet außerdem mindestens die folgenden Alarme und Hinweise:

– automatische Akquisition eines Zieles,
– Unterschreitung einstellbarer Minimumwerte für *CPA* und *TCPA* durch aktivierte Radar- oder AIS-Ziele,
– bevorstehende Überschreitung der Zielverfolgungskapazität (AIS oder *Target Tracking*),
– Zielverlust,
– Ausfall von System und Komponenten.

(2) Grundlagen der Zielerfassung und -verfolgung

a) Zielextraktion

Durch das (manuelle) Akquirieren eines Ziels wird ein Verfolgungsfenster *(Tracking Window)* an der Cursorposition geöffnet, das dazu dient, den Echoschwerpunkt des zu verfolgenden Ziels zu ermitteln. Dazu bewegt sich ein Suchfenster (Abb. 4.2.38) der Länge n zyklisch durch das festgelegte Verfolgungsfenster und extrahiert darin mit Hilfe des „*m-o-o-n*-Prinzips“ („m-out-of-n“; m = Zahl der Treffer aus einer Stichprobe von n) das Echo mit der größten Fläche (oder Intensität). In dessen Flächenschwerpunkt wird die Position des zu akquirierenden Zieles angenommen. Misslingt die Zielextraktion, weil der Benutzer beispielsweise ins Leere geklickt hat oder zu viele Störechos (Seegang, Regen, ein weiteres Ziel) im Suchfenster vorhanden sind, wird nach einigen Antennenumläufen ein *Target lost*-Alarm ausgelöst und das Verfolgungsfenster gelöscht. Das Verfolgungsfenster ist in seiner Größe variabel. Zum Zeitpunkt der Akquisition hat es seine maximale Größe. Aus den Veränderungen des Reflexionsschwerpunktes berechnet der Prozessor Kurs und Geschwindigkeit des Zieles. Sind diese bekannt, wird das Verfolgungsfenster verkleinert und dem Ziel nachgeführt, d. h. dass das Verfolgungsfenster beim nächsten Antennenumlauf an die Position gesetzt wird, an der das Ziel aufgrund der vorausberechneten Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit vermutet wird.

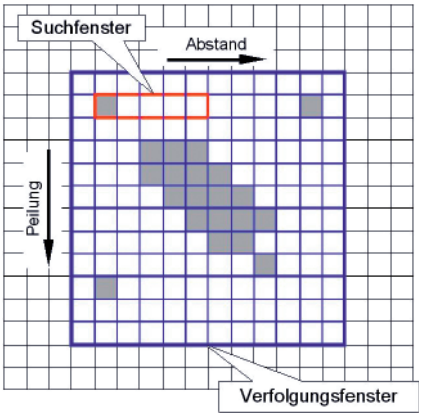


Abb. 4.2.38: Zielextraktion in der internen Speichermatrix

Die Zielextraktion und -verfolgung wird erschwert, wenn Radarechoanzeigen

– flächenmäßig ausgedehnt, schwankend, unsymmetrisch und diffus sind,
– veränderliche Reflexionszentren besitzen (z. B. durch Rollbewegungen),
– innerhalb von störenden Seegangs- oder Regenechos auftreten,
– gelegentlich durch Abschattung, Interferenzen und Wellentäler ausfallen,
– zweier Ziele sich sehr nahe kommen und verschmelzen können (Kap. 4.2.2(2)), was eine Zielvertauschung zur Folge haben kann (*Target Swop*; Kap. 4.2.6(4)).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Filterung von Zielbewegungen

Störeinflüsse bei der Zielextraktion haben zur Folge, dass die beobachteten Bahnen der Radarziele ungleichmäßig verlaufen. Mit schwankenden Messwerten berechnete Vektoren würden sich in Richtung und Länge bei jedem Antennenumlauf sprunghaft ändern. Um solche Unregelmäßigkeiten auszugleichen und trotzdem Manöver von Fahrzeugen als solche zu erkennen, werden die gemessenen Zielpositionen und -geschwindigkeiten gefiltert. Der dabei verwendete Filter arbeitet mit einer α-Komponente für die Zielpositionen und einer β-Komponente für die Geschwindigkeiten (α-β-Filter). Das Prinzip der Positionsfilterung (α-Filter) ist in Abb. 4.2.39 beispielhaft dargestellt. Die Filterung der Geschwindigkeiten (β-Filter) ist analog zu verstehen.

Die Punkte P_1 und P_2 sind zwei vergangene Positionen eines Radarziels. Auf der Basis der daraus ermittelten Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit wird die Position P_V für den nächsten Antennenumlauf vorausberechnet. Wird das Ziel statt in der erwarteten Position P_V in Position P_B beobachtet, ergibt sich ein Differenzvektor $\vec{E}$ *(Plot Error)*. Ein Filterwert α bestimmt nun, welcher Anteil des *Plot Errors* zur Berechnung der angenommenen Position des Ziels P_A herangezogen wird *(best estimated position)*. Für α = 0 wird der *Plot Error* nicht berücksichtigt und der Vorhersagewert (P_V) als neue Zielposition genommen. Für α = 1 wird der *Plot Error* in vollem Umfang berücksichtigt und die beobachtete Zielposition (P_B) übernommen. Bei einem Wert von α = 0,5 läge die angenommene Position genau auf der Mitte zwischen P_V und P_B. Der Wert α ist also ein Gewichtungsfaktor für das Vertrauen in den Messwert (P_B).

Die Filterung arbeitet adaptiv: Zum Zeitpunkt der Akquisition werden α und β zunächst auf 1 gesetzt, da noch keine zuverlässigen Daten für die Bewegungsvorhersage vorliegen. Das bedeutet, dass die beobachteten Zielpositionen ungefiltert zur Berechnung der Zielspur herangezogen werden. Der Vektor wird anfangs mehr oder weniger stark schwanken. Je länger ein Ziel ungestört getrackt wird, desto zuverlässiger werden die berechneten Kurs- und Geschwindigkeitsdaten und umso kleiner wird der Wert für α. Wird ein Zielmanöver oder eine Störung registriert, beginnt die Filterung von Neuem mit α = 1.

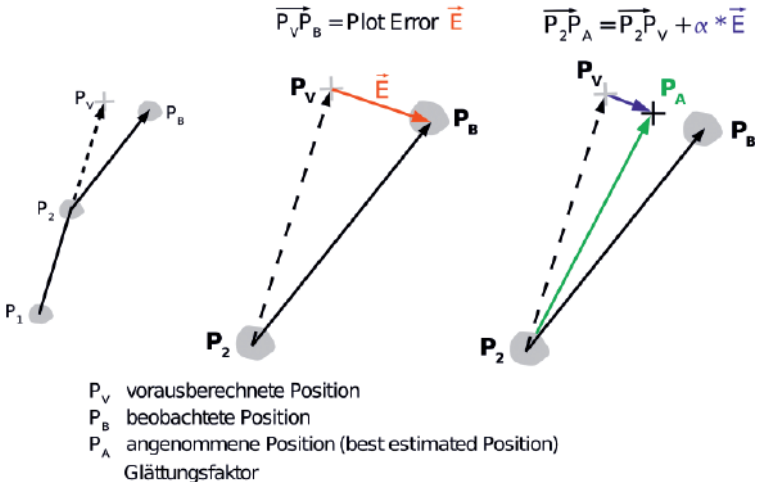


Abb. 4.2.39: Prinzip der Glättung von Zielbewegungen durch die α-Komponente des α-β-Filters

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zu beachten:

- Filtern bringt Stabilität in die Anzeige der Zielbewegungen, kostet aber Zeit bei der Erkennung von Manövern. Alle Zieldaten werden verzögert, insbesondere wenn der Filter langsam arbeitet (α und $\beta = 0$).
- Die Filterung ist adaptiv, d. h. die Anpassung der Parameter α und β geschieht in Abhängigkeit von der Zeit, während der ein Ziel auf konstanter Bahn beobachtet wurde, automatisch.
- Große α- und β-Werte (schneller Filter) bewirken geringe Glättung, aber schnelle Manövererkennung.
- Kleine α- und β-Werte (langsamer Filter) bewirken starke Glättung, aber verzögerte Manövererkennung.

c) Automatische Zielerfassung

Neben der manuellen Akquisition von Radarzielen bieten viele Radargeräte die Möglichkeit, Erfassungsgebiete für die automatische Zielerfassung zu definieren *(Acquisition Zones)*. Diese können in Form von Ringen, Sektoren oder frei definierbaren Polygonen festgelegt werden. Ziele, die in die Erfassungsgebiete eindringen, werden automatisch akquiriert. Ein Alarm weist den Benutzer auf jede Neuerfassung hin.

Bei Anwendung dieses Verfahrens bieten viele Geräte die Möglichkeit, bestimmte Ausschlussgebiete *(Exclusion Zones)* festzulegen, um unerwünschte Zielerfassungen zu verhindern. Diese können entweder relativ zum Eigenschiff eingestellt sein, um beispielsweise Seegangsechos auszuschließen, oder absolut (grund-/seestabilisiert) zum Ausschluss von Küstenechos oder Ähnlichem.

d) Radar- und AIS-*Tracking*, Datenkorrelation

Die gleichzeitige Verwendung der Radar-Zieldaten und der AIS-Zieldaten erlaubt eine gegenseitige Vertrauenskontrolle. Die überlagerte Visualisierung beider Zielbewegungen würde die Anzeige im Radarbild jedoch überfrachten. Deshalb ist eine automatische Zielverknüpfungsfunktion vorgesehen [4.2.1]. Nach bestimmten Algorithmen werden AIS-Zieldaten und Radar-Zieldaten auf Übereinstimmung (Datenkorrelation) geprüft. Standardmäßig werden AIS-Symbole und AIS-Zieldaten angezeigt, wenn über bestimmte Verknüpfungskriterien (z. B. Peilung, Abstand, Kurs, Geschwindigkeit) die Übereinstimmung eines verfolgten Radarziels mit einem AIS-Ziel bestätigt ist. Dem Bediener wird alternativ die Möglichkeit gegeben, der Radarzieldarstellung Priorität einzuräumen. Die Verknüpfung von verfolgten Radarzielen mit AIS-Zielen wird kontinuierlich auf Gültigkeit geprüft und wieder gelöst, wenn es zu definierten Abweichungen kommt. In diesem Fall erfolgen die Anzeigen des aktivierten AIS-Zieles und des verfolgten Radarzieles separat. Die Symbole für verfolgte Radarziele und AIS-Ziele sind in Tabelle 4.2.2 [4.2.2] [4.2.3] [4.2.4] gegenübergestellt, die detaillierte Symbolik für AIS-Ziele ist in Kap. 4.3.4 wiedergegeben.

(4) Systemimmanente *Tracking*-Fehler

a) Fehler durch angeschlossene Sensoren oder falsche Eingabewerte

Relative Zieldaten: Relative Vektoren, *CPA* und *TCPA* werden durch fortlaufende Ortungen von Radarechos berechnet. Die Richtung von einer Ortung zur nächsten ergibt den relativen Kurs, die Distanz die relative Geschwindigkeit des Zieles. Externe Sensoren sind nicht beteiligt, so dass auch keine Fehlereinflüsse solcher Sensoren einfließen können. Fehler können nur aus den Unsicherheiten der Radarmessung und der Zielextraktion resultieren.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

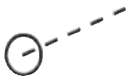
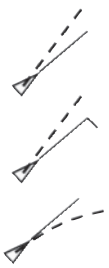
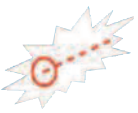
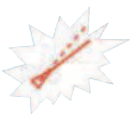
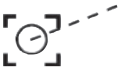
Objekt	Radarziel	AIS-Ziel
Inaktives AIS-Ziel *(Sleeping target)*		
Ziel im Akquisitions-stadium		
Aktiviertes Ziel *(Activated target)*		
Vergangenheits-positionen *(Past positions)*		
Gefährliches Ziel *(Dangerous target)*		
Ausgewähltes Ziel *(Selected target)*		
Verlorenes Ziel *(Lost target)*		
AIS-Ziel ohne *Heading*- und COG-Daten		

Tabelle 4.2.2: Symbole für Radarziele und AIS-Ziele (Detaillierte AIS-Symbolik in Tab. 4.3.2)

Absolute Zieldaten: Die absoluten Vektoren getrackter Ziele werden durch Vektoraddition (Abb. 4.2.26 und Gl. 4.2.6) aus relativem Zielvektor und absolutem Eigenschiffsvektor generiert. Die Eigenschiffsbewegung kann

- aus Sensordaten ermittelt werden (z. B. Dolog – liefert je nach Betriebsart die Bewegung über Grund oder durch das Wasser),
- aus GPS-Positionen abgeleitet werden (Bewegung über Grund),
- aus der Relativbewegung eines ortsfesten Radar-Referenzzieles *(reference target)* berechnet werden (Bewegung über Grund),
- manuell vom Benutzer eingegeben werden (Geschwindigkeit; *Set* und *Drift*).

Alle genannten Verfahren können Fehler aufweisen, was zu Fehlern bei der Berechnung der absoluten Bewegungsdaten aller getrackten Ziele führen kann. Einen Überblick über typische Sensorfehler mit deren Auswirkungen gibt Tabelle 4.2.3. Die Vektoradditionen bei fehlerhafter Kurs- und Fahrteingabe des Eigenschiffs sind in Abb. 4.2.40 dargestellt.

Warnung: Eine fehlerhafte Kurseingabe des Eigenschiffs bewirkt einen Fehler im absoluten Kurs und (!) in der absoluten Geschwindigkeit des getrackten Zieles. Ebenso bewirkt eine fehlerhafte Geschwindigkeitseingabe des Eigenschiffs einen Fehler im absoluten Kurs und (!) in der absoluten Geschwindigkeit des getrackten Zieles.

Warnung: Während eines *Trial*-Manövers (Kap. 4.2.5(3)) können auch die angezeigten relativen Daten (relative Vektoren, *CPA*, *TCPA*) falsch werden, da diese nicht durch direkte Radarortung, sondern mit Hilfe der Eigenschiffsdaten generiert werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Sensor	Störung	Mögliche Auswirkungen
Logge	Fehlerhafte Geschwindigkeit $\vec{V}_x$, $\vec{V}_y$	Fehlerhafte Richtung und Länge der absoluten Vektoren
Kompass	Fehlerhafter Kreiselkurs α_{Kr}	Fehlerhafte Richtung und Länge der absoluten Vektoren
GPS	Kurs- und Geschwindigkeitsfehler über Grund $\vec{V}_G$, α_G	Fehlerhafte Richtung und Länge der absoluten Vektoren
Radar	Grenzen der Radarauflösung	Zielvertauschung (*Target Swop*)
	Wandern des Echoschwerpunktes auf dem Ziel (z. B. durch Bewegungen im Seegang)	Ungenaue Zielpositionen, Schwankungen der relativen Zielbewegungen
	Echoausfall durch Abschattung	Abriss der Zielverfolgung
	Roll- und Gierbewegungen des Eigenschiffs	Ungenaue Zielpositionen, Schwankungen der relativen Zielbewegungen
	Regen- und Seegangsreflexionen	Zielvertauschung, Abriss der Zielverfolgung

Tabelle 4.2.3: Auswirkungen von Sensorfehlern auf die Radarzielverfolgung

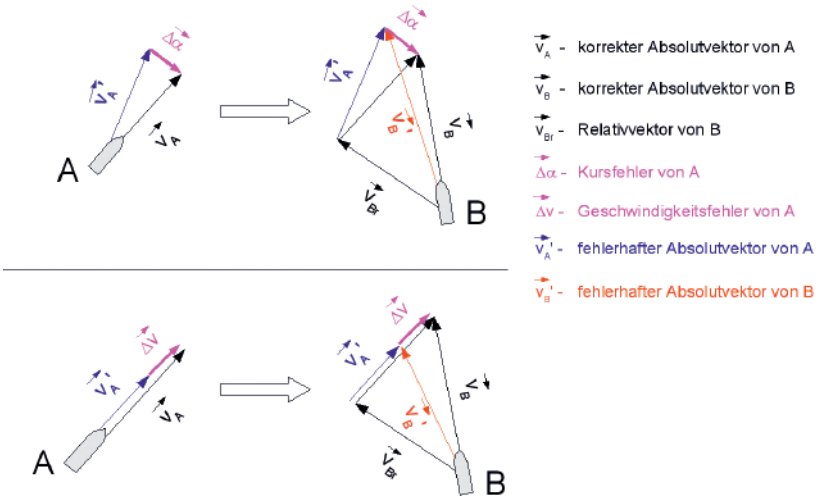


Abb. 4.2.40: Auswirkungen von Sensorfehlern des Eigenschiffs auf die absoluten Vektoren des Zielschiffes
Oben: Kursfehler des Eigenschiffs A führt zu Kurs- und Geschwindigkeitsfehler von B
Unten: Geschwindigkeitsfehler des Eigenschiffs A führt zu Kurs- und Geschwindigkeitsfehler von B

b) Zielvertauschung *(Target Swop)*

Zielvertauschung bedeutet, dass der Vektor eines getrackten Ziels auf ein nahebei passierendes zweites Ziel überspringt. Dies kann geschehen, wenn in das Verfolgungsfenster eines getrackten Radarziels ein zweites Objekt eindringt. Folgende Situationen können auftreten:

– Sind beide Ziele getrackt, können Ziele und zugehörige Vektoren wechselseitig vertauscht werden, allerdings ist der *Track*-Algorithmus in diesem Falle ziemlich stabil.
– Wenn das eindringende nicht akquirierte Ziel das stärkere Echo besitzt, springt die Zielverfolgung vom schwächeren getrackten Ziel auf das eindringende Ziel über.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Unterschreitet der Passierabstand das Auflösungsvermögen des Radargerätes und verschmelzen die Echos, wird der gemeinsame Echoschwerpunkt beider Ziele zur Berechnung der Bewegung herangezogen, was einer scheinbaren Kursänderung zum zweiten Objekt hin gleichkommt (Abb. 4.2.41).

Im Beispiel (Abb. 4.2.41) berühren sich die Echos eines akquirierten und eines nicht akquirierten Ziels (Position 2), wodurch sich der bisherige Echoschwerpunkt auf den gemeinsamen Echoschwerpunkt der beiden Ziele verschiebt. Der *Tracking* Algorithmus missdeutet dies als Kursänderung (Position 3). Beim Lösen der Zielverschmelzung folgt er dem „falschen" Objekt. Infolgedessen wird die Filterung verringert (α und β vergrößert), das Verfolgungsfenster vergrößert und in Richtung der scheinbaren Kursänderung weitergeführt (Kap. 4.2.6(2)).

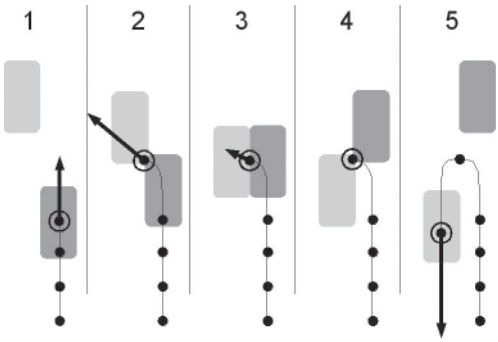


Abb. 4.2.41: *Target Swop* bei sich nahe kommenden Zielen

Typischerweise tritt die Zielvertauschung gehäuft in verkehrsreichen Gebieten auf, da hier die Zahl der Annäherungen höher ist und die Verfolgungsfenster der Radarziele infolge häufiger Kursänderungen größer sind. Systembedingt wird beim X-Band-Radar wegen der besseren azimutalen Auflösung und bei kurzen Impulslängen (in kleinen Messbereichen) wegen der besseren radialen Auflösung die Gefahr der Zielvertauschung vermindert.

c) Störungen durch Seegang oder Regen

Regen- und Seegangsechos in der Nähe des Zieles können sowohl die Neuerfassung von Zielen behindern als auch zum Verlust bereits getrackter Objekte führen, weil zwischen Nutzecho und Störechos nicht unterschieden werden kann. So kann der Zielvektor zunächst auf ein Regen- oder Seegangsecho überspringen *(Target Swop)*, was wegen der Instabilität in der Regel zu einem vollständigen Zielverlust führt. Diese Gefahr besteht insbesondere bei neu akquirierten Zielen. Läuft ein bereits stabilisiertes Ziel in ein Seegangs- oder Regengebiet ein, kann die Verfolgung ggf. durch spezielle Filtertechniken aufrechterhalten werden, wenn der Zielrechner über eigene digitale Regen- und Seegangsfilter, die unabhängig von *STC* und *FTC* (Kap. 4.2.3(2)) arbeiten, verfügt (herstellerspezifisch).

d) Zielverlust bei Manövern des Zielschiffes

Ändert ein Fahrzeug sehr schnell seinen Kurs, kann es bei der Zielextraktion aus dem Verfolgungsfenster ausbrechen, da dieses zunächst mit den alten Bewegungsdaten weiterläuft (Kap. 4.2.6(2)a)). In diesem Fall wird das Verfolgungsfenster wieder vergrößert, um das Ziel wieder einzufangen. Gelingt dies nicht, kann es zum Zielverlust unter Auslösung eines Alarms (*Lost Target*) kommen. Auch bei einem nicht kompassstabilisierten Radargerät im *Head Up*-Modus (Kap. 4.2.3(2)) würde jede Kursänderung des Eigenschiffs dazu führen, dass getrackte Ziele ihre Verfolgungsfenster verlassen und den beschriebenen Vorgang auslösen.

e) Manöver des Eigenschiffs

Auch ein Manöver des eigenen Schiffes kann kurzzeitig zu fehlerhaften absoluten Vektoren getrackter Ziele führen. Während der eigenen Kursänderung von $\overrightarrow{V_A}$ auf $\overrightarrow{V_A}'$ (Abb. 4.2.42) wird die Berechnung des neuen relativen Zielvektors $\overrightarrow{V_{Br}}'$ durch den Prozess der Zielextraktion und insbeson-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

dere den Einsatz der *Tracking*-Filter verzögert. Demgegenüber wird der neue Eigenschiffsvektor $\vec{V}_A'$ durch Kompass- und Logeingaben in Echtzeit generiert. Kurzzeitig wird also mit dem alten relativen Vektor des Gegners $\vec{V}_{Br}$ und dem neuen absoluten Vektor des Eigenschiffes $\vec{V}_A'$ weitergerechnet. Dies führt zu einer fehlerhaften Darstellung des gegnerischen absoluten Vektors $\vec{V}_B'$. Der Gegner unternimmt scheinbar ebenfalls eine Kursänderung, die der eigenen entgegenwirkt (Abb. 4.2.42; Situation 2). Dies kann zu gefährlichen Fehleinschätzungen hinsichtlich der Absichten des Gegners führen. Erst nach mehreren Antennenumläufen entwickelt sich der neue relative Vektor von B, der absolute Vektor erhält wieder seine ursprüngliche Richtung (Situation 3).

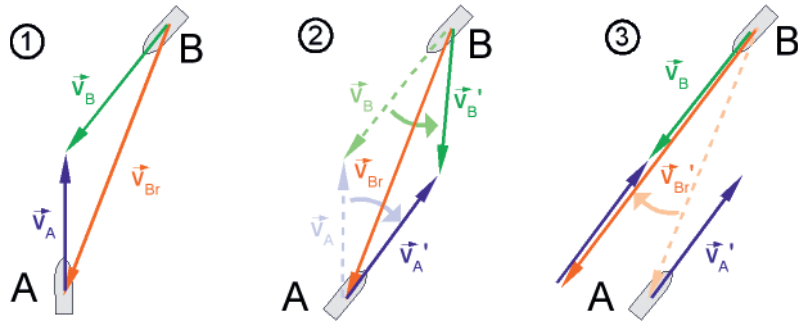


Abb. 4.2.42: Kurzzeitige Falschanzeige der absoluten Vektoren bei Kursänderung des Eigenschiffs (1) Vektordreieck vor, (2) unmittelbar nach und (3) längere Zeit nach der Kursänderung

f) Nachlauffehler

Alle Bewegungsdaten von Fremdschiffen weisen wegen des Filterprozesses einen Nachlauffehler von z. B. 20–30 s, manchmal auch von mehreren Minuten auf. Dadurch werden Manöver dieser Schiffe zeitverzögert angezeigt. Die *IMO Performance Standards* [4.2.1] fordern, dass für getrackte Radar-Zieldaten nach der Erfassung, nach einem Manöver und nach jeder anderen Störung

- nach 1 min eine Trendangabe,
- nach 3 min eine genaue Angabe

innerhalb vorgeschriebener Genauigkeitsgrenzen zur Verfügung steht.

(5) Genauigkeit der Zieldaten

Für die Zielverfolgung sind in den *Performance Standards* [4.2.1] verbindliche Genauigkeitsanforderungen – mit jeweils 95 % Wahrscheinlichkeit – festgelegt. Die in Tabelle 4.2.4 gelisteten Werte sind typische Werte – es kann nicht ausgeschlossen werden, dass unter speziellen Bedingungen u. U. nur schlechtere Genauigkeiten vorliegen.

Dauer des stabilen Zustands	Relativer Kurs	Relative Geschwindigkeit	CPA	TCPA	Absoluter Kurs	Absolute Geschwindigkeit
1 Minute: Trend	11 °	1,5 kn oder 10 % (der jeweils größere Wert)	1,0 sm	-	-	-
3 Minuten: „Steady state"-Bewegung	3 °	0,8 kn oder 1 % (der jeweils größere Wert)	0,3 sm	0,5 min	5 °	0,5 kn oder 1 % (der jeweils größere Wert)

Tabelle 4.2.4: Genauigkeitsanforderungen für Bewegungsdaten nach IMO [4.2.1]

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abstands- und Peilgenauigkeit: Numerische Werte für Abstand und Peilung eines getrackten Radarziels sollen auf 50 m (oder ±1 % seiner Entfernung) und 2 ° genau sein [4.2.1].

Zu beachten:

- Mit der Anzeige von genauen und stabilen Radarzieldaten kann erst 3 min nach der Zielakquisition, einem Manöver oder einer Störung gerechnet werden.
- Relative Daten sind im Allgemeinen genauer als absolute Daten.

4.2.7 Weitere Anzeigen im Radarbild

(1) Navigationslinien, Symbole, Routen

Zur Erleichterung der Radarnavigation können Navigationshilfslinien, Symbole und Routen entsprechend den IMO-Vorgaben [4.2.2] dargestellt werden. Diese zusätzlichen Informationen sollen die Darstellung der Radarinformationen nicht beeinträchtigen und jederzeit einfach zu entfernen sein.

Navigationshilfslinien und Symbole können zur Anfertigung rudimentärer Kartendarstellungen *(Radar maps)* oder Routen dienen. In diesem Falle müssen sie grundstabilisiert auf dem Radarbild fixiert werden. Einige Radaranlagen bieten auch die Möglichkeit, Linien und Symbole relativ zum Eigenschiff zu fixieren. Gruppen von Linien und Symbolen können permanent in der Radaranlage oder auf Wechseldatenträgern abgelegt werden (Bibliothek). Die manuelle Eingabe von *Radar maps* oder Routen erübrigt sich zunehmend durch den Einsatz modernerer Verfahren, z. B. durch Datenimport über angeschlossene Navigationsempfänger oder Überlagerung von Radarbild und elektronischer Seekarte (Kap. 4.1.8) bzw. *Chart Radar* (s. u.).

(2) *Chart Radar*

In Abb. 4.2.43 ist eine Radaranlage mit integrierter Seekartenfunktionalität zu sehen *(Chart Radar)*. Der offensichtliche Vorteil dieser Kombination liegt darin, dass dem Beobachter die Zuordnung aller Radarechos im Seegebiet auf einen Blick ermöglicht wird. Dies erleichtert insbesondere die Identifikation von Seezeichen oder Küstenkonturen. Das Radarvideo wird mit der unterlagerten Seekarte nach Position, Orientierung und Maßstab synchronisiert, so dass Fehlfunktionen von Positions- oder Kurssensoren schnell an mangelnder Übereinstimmung zu erkennen sind (Kap. 4.1.8).

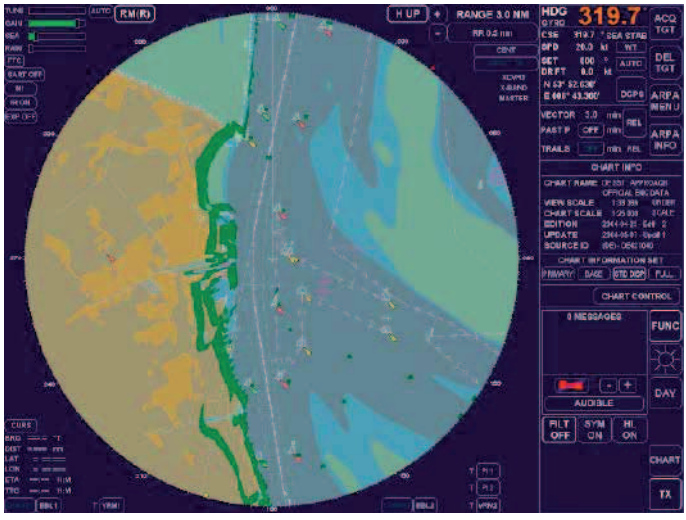


Abb. 4.2.43: ***Chart Radar*** **Quelle: © Raytheon Anschütz GmbH; Simulation**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Nachteilig ist, dass Radarechos vor dem farbig gemusterten Seekartenhintergrund nicht mehr klar genug hervortreten und das Bild überladen ist. IMO-Anforderungen [4.2.1] an die Überlagerung Elektronischen Karten sind:

- Es dürfen nur ENCs oder andere Vektorkarten, keine Rasterkarten angezeigt werden.
- Werden keine ENCs verwendet, ist dies dem Benutzer permanent anzuzeigen.
- Seekarten und Radarbild müssen im gleichen Bezugssystem maßstabsgerecht aufeinander abgestimmt sein.
- Radarinformationen müssen Vorrang vor Seekarteninformationen haben.
- Karteninformationen sollen deutlich von Radarinformationen unterscheidbar sein.
- Bei Ausfall der Seekartendarstellung darf die Funktion des Radars nicht beeinträchtigt werden.

Zu beachten: Eine Radaranlage, die diesen Anforderungen entspricht, kann als *Back-up* für ein ECDIS zugelassen werden, wenn sie eine eigene Datenquelle hat und ihr Bildschirmdurchmesser mindestens 250 mm beträgt.

(3) *Racons*

Der Begriff *Racon* ist eine Wortzusammensetzung aus den englischen Begriffen *Radar* und *Beacon*. Ein *Racon* ist eine Radarantwortbake, mit deren Hilfe die Identifizierung wichtiger Objekte (Seezeichen, z. B. Ansteuerungstonnen und Leuchttürme) im Radarbild erleichtert wird und die damit zur Verbesserung der Radarortung beiträgt. Es besteht aus einer Sende-/Empfangseinheit, die bei Empfang eines Radarimpulses mit der aktiven Aussendung eines Signals im gleichen Frequenzband antwortet. Dadurch wird auf dem Schirm der auslösenden Radaranlage – radial hinter der Echoanzeige des *Racon*-Trägers – das *Racon*-Signal angezeigt, in der Regel ein über die Echoanzeige hinausgehender dicker Strich. Durch die Länge des ausgesendeten Antwortsignals kann die Länge der *Racon*-Anzeige beeinflusst werden, durch eine charakteristische Impulsfolge kann auch eine Darstellung als Morsecode erfolgen. Dieses dient der eindeutigen Identifizierung des zugeordneten Seezeichens. Das Echo des Bakenträgers liegt, infolge der Verzögerung zwischen einkommendem und gesendetem Signal, etwas vom *Racon*-Signal entfernt.

Zu beachten:

- Ab 2008 müssen Radaranlagen nur noch X-Band-*Racon* [4.2.1] anzeigen.
- Bei Einschaltung der FTC („Regenentrübung“) wird die *Racon*-Anzeige unterdrückt.

(4) *SARTs*

Ein *SART* (*Search And Rescue Radar Transponder*) ist eine tragbare Radarantwortbake, die das Auffinden von Havaristen mittels Radar bei Suche- und Rettungsmanövern erleichtern soll. Wird ein *SART* von Impulsen eines X-Band-Radarsenders getroffen, antwortet dieser aktiv mit zwölf aufeinanderfolgenden Radarsignalen, die mit ansteigender Frequenz über das gesamte Frequenzband gesendet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass das *SART*-Signal auf allen X-Band-Radargeräten in der Umgebung empfangen und im Radarbild angezeigt wird. Für jedes der empfangenen Signale erscheint in gleichmäßigen Abständen von 0,64 sm in gleicher Peilung ein Punkt auf dem Radarschirm, von denen der nächstgelegene die Position des *SART*, also des Havaristen, kennzeichnet. Nähert sich das Suchfahrzeug dem *SART* bis auf etwa 1 sm, erweitern sich die Punkte zu konzentrischen Kreissegmenten und bilden schließlich bei Abständen unter 1 sm geschlossene Kreise. Die Reichweite von *SARTs* beträgt gegenüber Wasserfahrzeugen etwa 5 sm, gegenüber Luftfahrzeugen je nach Flughöhe bis zu 30 sm. Durch zirkulare Polarisation (*circular polarization*) kann die Detektionsfähigkeit bei Regen und Seegang verbessert werden.

Weiterführende Literatur: [4.2.7] [4.2.8]

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.3 Automatic Identification System (AIS)

Ralf-Dieter Preuß

4.3.1 Prinzip und Technische Realisierung

(1) Zweck und Ausrüstung

Bei dem Automatischen Schiffsidentifizierungssystem (*Automatic Identification System*, AIS) [4.3.1] [4.3.2] handelt es sich um ein UKW-Datenfunksystem zur Unterstützung der Schiffssicherheit im See- und Binnenbereich. AIS ermöglicht es, von allen anderen ausgerüsteten Schiffen und von Verkehrsüberwachungsstellen Informationen über andere Fahrzeuge innerhalb der UKW-Reichweite zu empfangen und diese für ihre eigenen Zwecke zu verwenden. Die Informationen über Schiffe und ihre aktuellen Fahrdaten werden automatisch und kontinuierlich gesendet und empfangen. Das System unterstützt die bordseitige Navigation und Kollisionsverhütung, die landseitige Verkehrsüberwachung sowie Sonderaufgaben wie z. B. die Seenotrettung. Seit 2004 besteht nach *SOLAS* Kapitel V für die Berufsschifffahrt eine Ausrüstungspflicht mit AIS-Anlagen der Klasse A (*Class A* AIS).

(2) Übertragungsweg

AIS arbeitet normalerweise auf den beiden eigens für diesen Zweck vorgesehenen UKW-Funkkanälen AIS1 (87B; 161,975 MHz) und AIS2 (88B; 162,025 MHz). Die AIS-Signale werden auf diesen Kanälen mit einem HDLC-Datenprotokoll (*High Level Data Link Control*) in einem festen Zeitrahmen gesendet.

Stehen diese Funkkanäle in einem bestimmten Gebiet nicht zur Verfügung, so ist das System in der Lage, ausgelöst z. B. durch eine von einer landseitigen Einrichtung auf den AIS-Kanälen oder Kanal 70 mittels *DSC* ausgesandten Meldung, selbsttätig auf vorausbestimmte Ausweich-Funkkanäle umzuschalten. Ist keine landseitige AIS-Station oder *GMDSS*-Station, die diese Aufgabe wahrnimmt, vorhanden, so kann das AIS-Gerät bezogen auf definierte Seegebiete auch von Hand umgeschaltet werden.

(3) Zugriffsverfahren und Synchronisierung

Da alle beteiligten Geräte auf denselben Funkkanälen arbeiten, müssen die Aussendungen zeitlich koordiniert werden. Dies erfolgt durch Festlegung von 4500 Zeitfenstern je Minute (2250 je Kanal; Abb. 4.3.1). Die Art der Datenübermittlung beruht auf dem „*SOTDMA*-Prinzip“ (*Self-organized Time Division Multiple Access*, ein Zeitmultiplexverfahren) und bezeichnet ein System, das einen quasi gleichzeitigen Zugriff durch mehrere Nutzer in den vorgesehenen Zeitfenstern erlaubt und sich dem jeweiligen Nutzerverhalten selbsttätig anpasst. Die Geräte tauschen zugleich mit der Aussendung der Positionsmeldungen Informationen über ihre geplante Nutzung der Zeitfenster aus. Die Lage der Zeitfenster muss sehr genau bestimmt (synchronisiert) sein, da andernfalls ein störungsfreier Betrieb verschiedener AIS-Geräte nicht gewährleistet ist. Würden sich

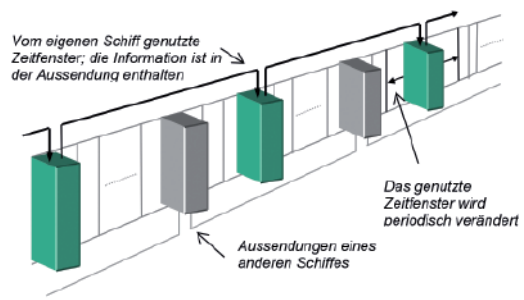

Vom eigenen Schiff genutzte Zeitfenster; die Information ist in der Aussendung enthalten
Das genutzte Zeitfenster wird periodisch verändert
Aussendungen eines anderen Schiffes

Abb. 4.3.1: Das *SOTDMA*-Prinzip

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

z. B. die Aussendungen zweier Geräte nur etwas überlappen, wären beide Aussendungen unbrauchbar.

Die Zeitfenster aller Geräte werden unter Verwendung des Sekunden-Impulses vom internen Satellitennavigations-Empfänger (*GNSS*; z. B. GPS) synchronisiert. Dies gilt auch, wenn ein externer Sensor die ausgesendete Position liefert. Alternativ können sich die Geräte auch gegenseitig aufgrund ihrer Aussendungen synchronisieren, wenn auch mit geringerer Präzision. Dies gewährleistet einen Betrieb auch bei Ausfall des internen GPS-Gerätes.

(4) Bestandteile eines AIS

Im Allgemeinen besteht ein an Bord eingebautes *Class A*-AIS (Abb. 4.3.2) aus

- einem Mehrkanal-UKW-Sender (*SOTDMA*),
- zwei Mehrkanal-UKW-Empfängern für *SOTDMA*,
- einem UKW-Empfänger (Kanal 70) zur Verwaltung der Funkkanäle mittels *DSC*,
- einem AIS-*Controller* (CPU) mit integrierter Selbsttest-Funktion (BIIT),
- einem internen *GNSS*-Empfänger zur Synchronisierung und als Reservesensor für die Position,
- Schnittstellen zu den Sensoren (Position, Kurs, Fahrt) und Anzeigesystemen (Radar, ECDIS, INS) und
- einem Bedienpanel (*MKD*).

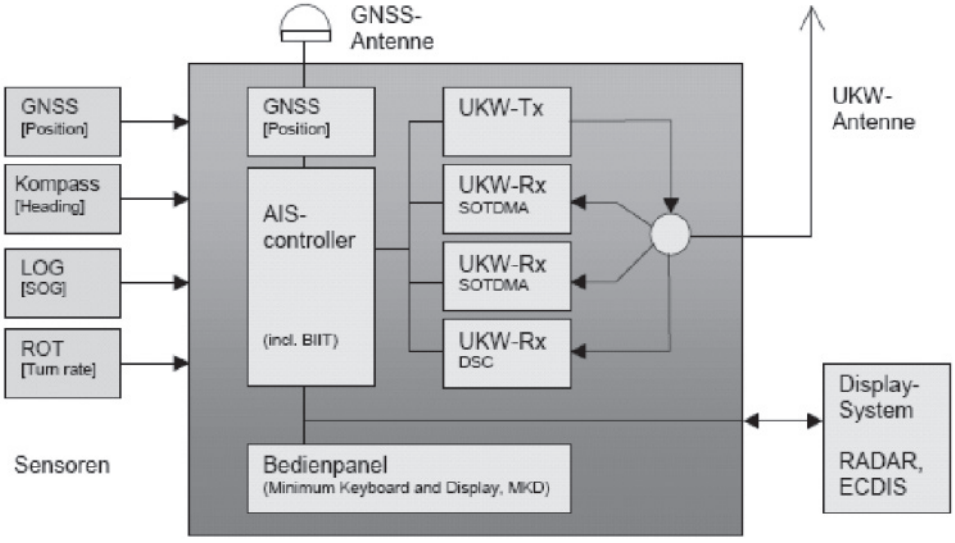


Abb. 4.3.2: Komponenten einer AIS-Anlage

4.3.2 Installation und Inbetriebnahme

(1) Einbau/Ersteinbau

Die Installation eines AIS [4.3.3] benötigt den Anschluss einer UKW-Antenne und einer Empfangsantenne für den internen *GNSS*-Empfänger. Die Wahl des Standorts der AIS-UKW-Antenne erfordert besondere Sorgfalt. Die Übermittlung digitaler Daten ist störungsanfälliger für Reflexionen an Hindernissen wie Masten und Bäumen oder Übersprechen als analoge Sprech-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

funkverbindungen. Umgekehrt können AIS-Anlagen in ungünstigen Fällen den Sprechfunkverkehr an Bord stören, wenn die Antennen zu nah beieinander liegen und Kanäle in direkter Nachbarschaft der AIS-Frequenzen verwendet werden. Dies macht sich dann in Form eines regelmäßigen leisen Klickens im Rhythmus der AIS-Sendeintervalle bemerkbar.

(2) Externe Sensoren

An ein AIS werden normalerweise über Standardschnittstellen (nach IEC 61162) die folgenden Sensoren angeschlossen:

- *GNSS*-Empfänger als Sensor für Position, Kurs und Geschwindigkeit über Grund,
- Kreiselkompass als Sensor für die Schiffsvorausrichtung (AIS verwendet keine Magnetinformation),
- Wendezeiger (sofern verfügbar).

Die vom AIS ausgesendeten Sensorinformationen sollen den für die Schiffsnavigation verwendeten Informationen entsprechen.

(3) Integration in die Brücke

a) Bedienterminal

Das AIS-eigene Bedienterminal (Abb. 4.3.3) ist zur Dateneingabe und Betriebsüberwachung vorgesehen (*MKD, Minimum Keyboard and Display*). Die *MKD*-Minimal-Anzeige bietet mindestens drei Zeilen mit der Angabe von Peilung, Abstand und Namen eines ausgewählten Schiffes. Weitere Zielinformationen werden durch Blättern angezeigt. Die Funktionen des Bedienterminals können durch ein integriertes *MKD* oder durch die entsprechende Funktionalität eines separaten Anzeigegeräts (Grafisches AIS *Display*, Radar, ECDIS/ECS) ausgeführt werden.

Abb. 4.3.3: AIS-Bedienterminal (*MKD*)

Die Funktionen des *MKD* allein können jedoch die Möglichkeiten des AIS zur Unterstützung der Navigation nicht ausreichend umsetzen.

b) Grafische Anzeige

Empfehlung: Es wird empfohlen, dass die vom AIS gelieferten Daten in die bordeigenen Navigationssysteme – insbesondere RADAR und ECDIS – integriert und so dem Bordpersonal in grafischer Form zugänglich gemacht werden. Die neuesten IMO-Leistungsanforderungen für Radar sehen diese Darstellung verpflichtend vor.

c) Lotsenanschluss (*Pilot plug*)

AIS-Geräte der Klasse A verfügen über einen Lotsenanschluss (Eingang/Ausgang), an den Lotsen ihre eigene tragbare Navigationsausrüstung (*Personal Pilot Unit; PPU*), die sie an Bord mitbringen, anschließen können. Dafür ist ein Steckkontakt auf der Brücke in der Nähe des Lotsenplatzes vorgesehen. Damit kann die *PPU* dann sowohl die empfangenen AIS-Daten anderer Ziele als auch die dynamischen Daten des eigenen Schiffes anzeigen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.3.3 Inhalt der AIS-Aussendungen

(1) Übertragung der Schiffsdaten (AIS *Ship Report*)

Die von einem Schiff übermittelten Angaben (Abb. 4.3.4) lassen sich in drei verschiedene Kategorien einteilen:

- **Dynamische Informationen** werden – abgesehen von der Angabe über den Navigationsstatus – selbsttätig durch die an das AIS angeschlossenen Sensoren aktualisiert;
- **Statische Informationen** werden bereits beim Einbau an Bord in das AIS eingegeben und nur dann geändert, wenn das Schiff z. B. Flagge oder Namen ändert oder wenn sich durch einen größeren Umbau der Schiffstyp ändert;
- **Reisebezogene Informationen** werden von Hand eingegeben und müssen im Laufe der Reise unter Umständen aktualisiert werden.

Schiffsposition: Die AIS-Information beinhaltet Angaben über Genauigkeit und Zuverlässigkeit (besser bzw. schlechter als 10 m/95 %) und den Zeitpunkt der Positionsermittlung (UTC). Das geodätische Bezugssystem für die übermittelten Positionsdaten ist WGS-84. AIS kann zwei Bezugspunkte für Antennenpositionen verarbeiten, einen für einen externen und einen für den internen Sensor.

Kurs und Geschwindigkeit: Vom *GNSS*-Empfänger werden die Werte „über Grund" übernommen, vom Kreiselkompass der Kreiselkurs. AIS überträgt keine Daten „durchs Wasser".

Wendegeschwindigkeit: Steht kein Wendezeiger zur Verfügung, kann AIS entsprechende Informationen aus Steuerkursdaten vom Kreiselkompass ableiten. In diesem Fall wird eine qualitative Information über die Drehrichtung übertragen.

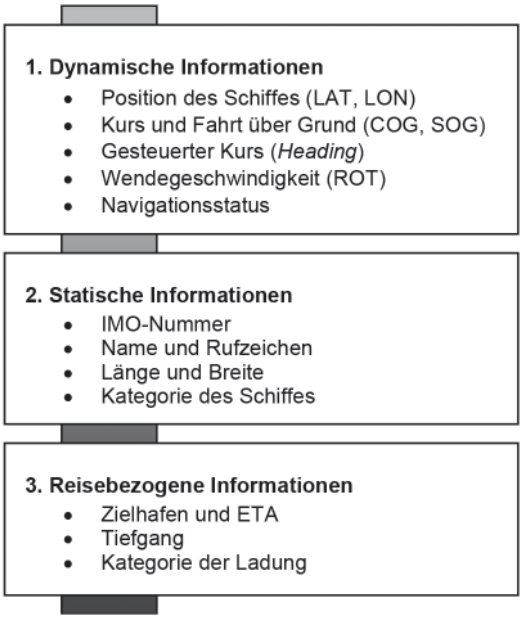


Abb. 4.3.4: Vom AIS übertragene Informationen (*Ship Report*)

Navigatorischer Status: Die Angabe des navigatorischen Status kann die folgenden Zustände annehmen:

- in Fahrt unter Motorkraft,
- vor Anker,
- manövrierunfähig,
- manövrierbehindert,
- festgemacht.
- tiefgangsbehindert,
- auf Grund,
- fischend,
- in Fahrt unter Windkraft.

Ladung: Die Kategorie der Ladung beinhaltet die Information, ob gefährliche Ladung transportiert wird. Diese Angabe hier ersetzt jedoch nicht die entsprechenden Meldepflichten für Gefahrgut.

Zielhafen, Ankunftszeit: Angaben zum Zielhafen sollen im UN/LOCODE [4.3.5] zur Ankunftszeit ETA in UTC gemacht werden.

Identifikation: Die Identifikation des Schiffes und die Zuordnung der dynamischen und statischen Daten erfolgt über die *MMSI* (*Maritime Mobile Service Identity*, Identitätsmerkmal für den mobilen Seefunkdienst), die in allen AIS-Meldungen eines Schiffes enthalten ist.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Sendeintervalle

Die beschriebenen Informationen werden automatisch und ohne besonderen Eingriff des Nutzers in den in Tabelle 4.3.1 genannten Intervallen gesendet.

Informationstyp und Fahrzustand des Schiffes	Sendeintervalle
Dynamische Daten	
– Schiff vor Anker oder festgemacht	3 min
– Schiff vor Anker oder festgemacht und Geschwindigkeit > 3 kn	10 s
– Schiff in Fahrt mit 0–14 kn Geschwindigkeit	10 s
– Schiff mit 0–14 kn Geschwindigkeit und Kursänderung	3 1/3 s
– Schiff mit 14–23 kn Geschwindigkeit	6 s
– Schiff mit 14–23 kn Geschwindigkeit und Kursänderung	2 s
– Schiff mit > 23 kn Geschwindigkeit	2 s
– Schiff mit > 23 kn Geschwindigkeit und Kursänderung	2 s
Statische und reisebezogene Daten	6 min

Tabelle 4.3.1: Übertragungsintervalle der dynamischen und statischen AIS-Daten

(3) Sicherheitsbezogene Kurzmeldungen

Schiffe und Verkehrsüberwachungsstellen können mittels AIS außerdem „Sicherheitsbezogene Kurzmeldungen" (*Safety-related messages*) übertragen. Dies sind Textmeldungen ohne Formvorgaben, die entweder an einen bestimmten Adressaten (*MMSI*) oder an alle Schiffe im jeweiligen Seegebiet gerichtet sein können. Ihr Inhalt soll kurz und für die Sicherheit der Seefahrt von Belang sein, also bspw. „Eisberg gesichtet" oder „Tonne nicht auf Position". Derzeit bestehen für diese Meldungen keine weiteren Vorschriften, um alle Möglichkeiten offenzuhalten.

4.3.4 Bordbetrieb und Bedienung des AIS

(1) Überwachung des Betriebes

Ein AIS-Gerät beinhaltet eine Funktion, die kontinuierlich einen Selbsttest (*built-in integrity test*, *BIIT*) durchführt und im Falle einer Funktionsstörung des AIS einen Alarm auslöst. Allerdings wird durch diesen Selbsttest nicht die Qualität oder die Genauigkeit der von den Sensoren in das AIS eingegebenen Daten überprüft, bevor diese Angaben an andere Schiffe und an Landstationen weitergesandt werden und auch nicht die Reichweite der eigenen Aussendung. Die korrekte Synchronisation des eigenen AIS kann überprüft werden, indem in der Statusanzeige der ordnungsgemäße Zustand des internen *GNSS*-Moduls festgestellt wird.

Zu beachten: Es ist sinnvoll, das AIS bei Verdacht einer Fehlfunktion z. B. durch Aussenden einer adressierten Textmeldung an ein anderes, entferntes Schiff zu testen. Wird die Absendung vom Gerät bestätigt, ist die Kommunikation in Ordnung. Neuere AIS-Geräte stellen dafür eine spezielle Funktion zur Verfügung.

(2) Überprüfung der schiffseigenen Angaben

Der Benutzer ist verantwortlich für die vom eigenen Schiff an andere Schiffe gelieferten Daten. Er soll daher

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– die gesendeten dynamischen Daten überwachen, hier insbesondere die Position (diese muss in WGS-84 sein) sowie den Schiffskurs (der mit der Steueranzeige des Kreiselkompasses übereinstimmen muss),
– die reisebezogenen Daten, insbesondere Zielort und Tiefgang, sorgfältig und korrekt eingeben und
– die korrekte Eingabe der statischen Daten wie *MMSI*, Schiffsname, Rufzeichen, Antennenposition während der Installation überprüfen.

(3) Ein- und Ausschalten von Sende- und Empfangseinheit

Das AIS-Gerät soll stets in Betrieb sein, wenn das Schiff in Fahrt ist oder vor Anker liegt. Ist der Kapitän der Auffassung, dass durch den Dauerbetrieb des AIS die Sicherheit seines Schiffes gefährdet werden könnte, so darf das AIS für die Dauer der Gefährdung abgeschaltet werden. Dieser Fall könnte z. B. in Seegebieten eintreten, von denen bekannt ist, dass dort Piraten aktiv sind. Ein Vorgehen dieser Art soll stets (unter Angabe des Grundes) im Schiffstagebuch vermerkt werden. Im AIS selbst werden Ausschaltzeiten ebenfalls gespeichert und können später abgerufen werden. Wenn das AIS abgeschaltet ist, bleiben die statischen und reisebezogenen Angaben gespeichert. Auch in Häfen soll das AIS in Betrieb sein, jedoch in Übereinstimmung mit den hafenspezifischen Vorschriften; z. B. muss in der Regel während Ladeoperationen von Tankern die Ausgangsleistung auf 1 W reduziert werden. Neuere AIS-Geräte führen diese Reduzierung der Sendeleistung von Tankern beim Beladen automatisch durch.

(4) Darstellung an Bord

AIS liefert von anderen Schiffen sowohl alphanumerische als auch geografisch orientierte Informationen, deren Darstellung integriert in einem grafischen Displaysystem wie Radar oder ECDIS erfolgen sollte (Kap. 4.3.2(3)), um eine unmittelbare räumliche Zuordnung zu ermöglichen. Die grafische Darstellung lehnt sich an die Darstellung verfolgter Ziele im Radar an (Abb. 4.3.5) [4.3.4].

Werden AIS-Informationen in Verbindung mit einer grafischen Anzeige benutzt, so werden für die Anzeige die Ziel-Kategorien und Symbole nach Tab. 4.3.2 unterschieden. Das Grundsymbol ist dabei ein Dreieck, das in Richtung der Schiffsvorausrichtung oder, bei fehlendem Kompasskurs, in Richtung COG weist (fehlt auch COG, soll es nordorientiert dargestellt werden). Bei kleiner Entfernung eines Zielschiffes bzw. großem Maßstab der Darstellung kann zusätzlich ein maßstäblicher Umriss des Schiffes verwendet werden (vgl. Tab. 4.2.2 für Radarsymbole).

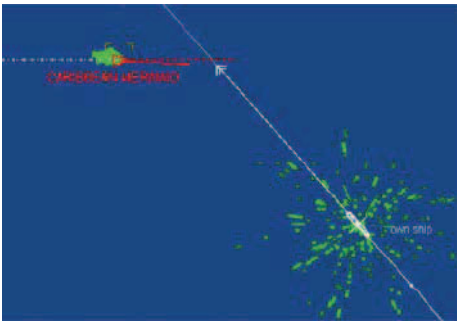


Abb. 4.3.5: Beispiel eines AIS-Zieles auf einem Radar-Display

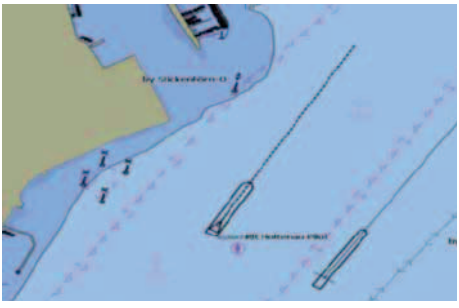


Abb. 4.3.6: AIS-Ziel mit Darstellung des Umrisses auf einer ECDIS

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Art des Zieles	Information/Anmerkungen	Symbol
Ruhendes Ziel (*Sleeping target*)	Anwesenheit eines Zieles	
Aktiviertes Ziel (*Activated target*)	Manuell oder automatisch aktiviertes Ziel Neben der Identität (z. B. Name oder Rufzeichen) können weitere zusätzliche Informationen dargestellt sein:	
	– Schiffsvorausrichtung (*Heading*)	
	– Drehrate (sofern verfügbar) und damit eventuell eingeleitete Kursänderungen in Form eines Fähnchens an der Schiffsvorausrichtung oder eine Richtungsanzeige in Form eines gebogenen Vektors	
	– Geschwindigkeitsvektor „über Grund" (COG/SOG); Informationen „durchs Wasser" werden vom AIS nicht übertragen	
	– vorherige Zielpositionen (*past positions*)	
Gefährliches Ziel (*Dangerous target*)	Ein AIS-Ziel (ruhend oder aktiviert), das vorab eingegebene Grenzwerte für CPA und TCPA unterschreitet; das akustische Signal wird bis zur Bestätigung des Alarms gegeben.	 rot blinkend; akustisches Signal
Ausgewähltes Ziel (*Selected target*)	Durch Auswahl eines Ziels erscheinen die statischen und reisebezogenen Daten und die Werte für CPA und TCPA in einem alphanumerischen Anzeigefenster.	
Verlorenes Ziel (*Lost target*)	Wird von einem Ziel, das in einem geringeren Abstand steht als vorab eingestellt, kein Signal empfangen, so erscheint an der zuletzt empfangenen Position das Symbol für ein verlorenes Ziel.	 akustisches Signal
Schifffahrtszeichen (*Aids to Navigation, AtoN*)	Reale oder virtuelle Schifffahrtzeichen Ein virtuelles, d. h. nicht real existierendes, Schifffahrtzeichen wird gekennzeichnet durch ein zusätzliches „V" in der Raute.	
AIS *SART*	AIS-*SAR-Transponder* (*SART*) kennzeichnen – wie *RADAR-SART's* – im Rahmen des *GMDSS* eine Position in Notfällen	

Tabelle 4.3.2: AIS-Zielkategorien und deren Darstellung [4.3.4]

4.3.5 Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen von AIS

(1) Reichweite und Kapazität

AIS ist in der Lage, im Ausbreitungsgebiet von UKW-Funksignalen Schiffe auch hinter Kurven und Inseln aufzuspüren, sofern die dazwischenliegende Landmasse nicht zu hoch ist. Typischerweise beträgt die zu erwartende Reichweite auf See 20 bis 30 sm, abhängig von der Antennenhöhe. Mit Hilfe von Verstärker-Stationen (AIS-*Repeater*) kann der Abdeckungsgrad sowohl für Bordstationen als auch für *VTS*-Stationen verbessert werden.

Die im AIS-Konzept vorgesehene Kapazität von 4500 Zeitfenstern je Minute entspricht bei durchschnittlichen Sendeintervallen einer Kapazität von etwa 400–500 Schiffen in Erfassungs-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

reichweite. Bei einer etwaigen Überlastung des Funkkanals werden solche Ziele ausgesondert, die am weitesten entfernt stehen, um auf diese Weise nahe Ziele zu bevorzugen, die bei der Betriebsart „Schiff zu Schiff" im Vordergrund des Interesses stehen. Das System stellt sich damit in der Praxis auf eine Überlastsituation durch Reduzierung der maximalen Reichweite ein.

(2) Sicherheitsgewinn: Vorteile der Nutzung von AIS

SOLAS Regel V/19 sieht vor, dass AIS-Daten von Schiff zu Schiff sowie mit landseitigen Einrichtungen ausgetauscht werden. Deshalb gehört es zum Zweck von AIS, bei der Identifizierung von Schiffen zu helfen, die Zielerfassung zu unterstützen, den Informationsaustausch zu erleichtern (z. B. durch die Verringerung der Anzahl abzugebender mündlicher Schiffsmeldungen) und zusätzliche Angaben zu liefern, mit deren Hilfe die Lage besser eingeschätzt werden kann.

AIS unterstützt insbesondere

- die eindeutige und schnelle **Identifizierung** anderer Fahrzeuge mit Schiffsnamen und Rufzeichen, wodurch ggf. eine Kommunikationsaufnahme über Funk erleichtert wird,
- die **Auffassung** von Zielen, die aus verschiedenen Gründen schlecht im Radar erfasst werden können (Radarschatten, Seegangsreflexe, Regenböen) und damit die Vermeidung von Zielverwechslungen (bei geringem Passierabstand von Schiffen) und von Zielverlusten nach einem schnellen Manöver,
- eine schnellere und sichere **Erkennung von Manövern** anderer Fahrzeuge durch direkte Übertragung von Schiffsvorausrichtung und Drehrate, wodurch im Vergleich zur Zielverfolgung durch Radar möglicherweise irreführende Zwischenergebnisse entfallen (siehe Abb. 4.3.7; der vom Radar ermittelte Bewegungsvektor kann bei Einleitung einer Kursänderung nach Steuerbord ggf. kurzzeitig nach Backbord auswandern).

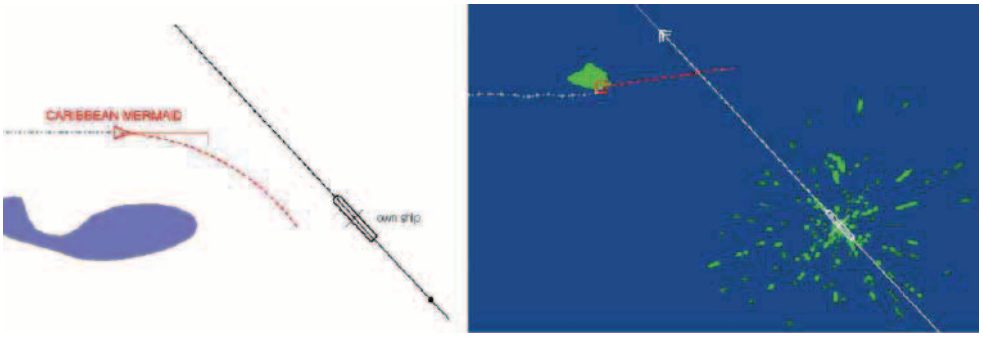


Abb. 4.3.7: Vergleich der Darstellung derselben Verkehrssituation mit AIS und Radar bei Manövern

Im Allgemeinen verbessern die über AIS empfangenen Daten die Qualität der dem Wachoffizier zur Verfügung stehenden Informationen, so dass AIS ein wichtiges zusätzliches „Werkzeug" bei der Verbesserung der Wahrnehmung der Verkehrssituation durch die Benutzer geworden ist.

(3) Systembedingte Begrenzungen von AIS

Eine wesentliche Eigenschaft des AIS ist die Übertragung von an der Quelle erzeugten Informationen. Dies bedingt aber auch gleichzeitig die entsprechende Ausrüstung und sorgfältige Einrichtung des AIS auf allen Schiffen – AIS ist ein kooperatives System, es ist nicht autark wie z. B. Radar.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die vom AIS ausgesendeten Daten sind nur so gut wie die von den Sensoren erfassten bzw. von der Besatzung eingegebenen Informationen. Entsprechend lassen sich Mängel in den AIS-Daten hauptsächlich auf folgende Ursachen zurückführen:

– nicht korrekt erfasste statische oder reisebezogene Daten wie Schiffsname, *MMSI*, Schiffsabmessungen, Zielhafen, Status und
– fehlerhafte dynamische Daten, z. B. durch falsches geodätisches Datum, fehlerhaft eingegebene Antennenposition, Fehlbedienung eines Interfaces zum Kreiselkompass.

Eine fehlerhafte Position des eigenen Schiffes bewirkt einen Versatz zwischen Symbolen und Radarechos in der Anzeige aller anderen festen und beweglichen Ziele auf dem eigenen Schiff (Abb. 4.3.8 Fall 1).

In der Anzeige auf allen anderen Schiffen führt eine solche fehlerhaft ausgesendete Position dabei zu einer versetzten Anzeige nur des fehlerhaft sendenden Schiffes (Abb. 4.3.8 Fall 2).

Ist nur ein Ziel im Beobachtungsbereich (Abb. 4.3.8 Fall 3), kann nicht entschieden werden ob die Ursache für einen Versatz beim eigenen Schiff oder dem anderen Schiff liegt.

Eine fehlerhafte Vorausrichtung (*Heading*) des eigenen Schiffes bewirkt ebenfalls eine um einen Winkel α versetzte Anzeige aller anderen festen und beweglichen Ziele in der Anzeige auf dem eigenen Schiff (Abb. 4.3.8 Fall 4).

Zu beachten: Die integrierte Selbsttestfunktion kann den Inhalt der vom AIS verarbeiteten Daten nicht auf ihre Richtigkeit prüfen. Derartige Fehler können am besten durch Beobachtung fester Ziele auf einer ECDIS mit Radarüberlagerung (oder einem *Chart Radar*) erkannt werden.

Ein manuell eingegebener „Offset“ zur Position in WGS-84 sollte auf GPS-Empfängern, die Daten an das AIS liefern, nicht verwendet werden. Es sind GPS-Empfänger im Einsatz, die diese Einstellung für angeschlossene Systeme nicht erkennen lassen, sodass dann eine nicht korrekte Position ausgesendet würde.

Zu beachten: Benutzer müssen sich darüber im Klaren sein, dass die Übermittlung von

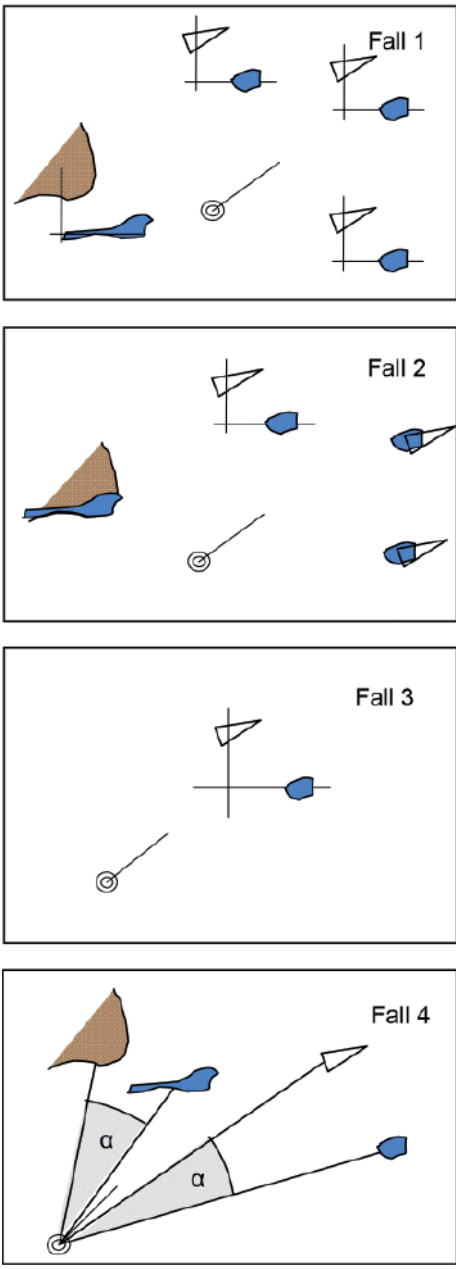


Abb. 4.3.8: Fehlerhafte Positionsanzeigen und ihre Ursachen:
Fall 1: Positionsfehler Eigenschiff
Fall 2. Positionsfehler Fremdschiff
Fall 3: Positionsfehler Eigenschiff oder Fremdschiff
Fall 4: Kursfehler Eigenschiff

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Fehlinformationen ein Risiko für andere Schiffe und für das eigene Schiff darstellt. Sie bleiben für alle von ihnen in das System eingegebenen Angaben sowie für die von den Sensoren eingespeisten Informationen verantwortlich und sollten diese regelmäßig kontrollieren.

4.3.6 Nutzung von AIS-Informationen zur Navigation

a) Beurteilung der Verkehrssituation

Der Benutzer soll sich mit der Bedienung der Geräte und der richtigen Auslegung der angezeigten Daten vertraut machen. Die folgenden grundsätzlichen Gesichtspunkte sollen bei der Verwendung von AIS und der Nutzung von AIS-Informationen beachtet werden [4.3.2]:

- Nicht alle Schiffe sind mit einem AIS ausgerüstet. Insbesondere Sportboote, Fischerboote und Kriegsschiffe sowie manche landseitigen Küstenverkehrszentralen sind möglicherweise nicht mit AIS ausgerüstet.
- Ein AIS kann unter Umständen infolge einer fachlich begründeten Weisung des Kapitäns abgeschaltet sein.
- Die von anderen Schiffen empfangenen Angaben sind möglicherweise nicht von vergleichbarer Qualität und Genauigkeit wie die Informationen, die über das eigene Schiff zur Verfügung stehen.

Zu beachten: Die vom AIS gelieferten Angaben ergeben möglicherweise kein vollständiges Bild von der Lage rund um das Schiff.

b) Konsequenzen für den Brückenbetrieb

AIS-Informationen können als zusätzliches Hilfsmittel auch bei der Entscheidungsfindung in Nahbereichssituationen benutzt werden. Wird AIS im Schiff-Schiff-Verkehr für Zwecke der Kollisionsverhütung verwendet, sollen nachstehende Punkte bedacht werden:

- AIS ist nur eine **zusätzliche** Quelle für Informationen für die Schiffsführung. Es ersetzt keine Navigationshilfsmittel wie z. B. die Zielverfolgung mittels Radar, sondern unterstützt sie.
- Die Benutzung von AIS entbindet den Wachoffizier nicht von seiner Verantwortung für die jederzeitige Einhaltung der Kollisionsverhütungsregeln.
- Der Benutzer soll sich nicht auf AIS als alleiniges Informationssystem verlassen, sondern sich aller verfügbaren sicherheitsbezogenen Informationen bedienen.
- Die Benutzung von AIS an Bord hat keine besondere Auswirkung auf die Zusammensetzung der Deckswache; vielmehr soll diese nach wie vor nach Maßgabe des *STCW*-Übereinkommens zusammengestellt werden.

4.3.7 Weitere Anwendungen

AIS als Element für Verkehrssicherungsdienste: AIS ist so konzipiert, dass die Schiffe autonom, d. h. ohne Landstation, in einem dynamischen Netzwerk arbeiten können. Eine Landinfrastruktur wird jedoch aufgebaut, um AIS-Informationen in die *VTS*-Zentralen zu integrieren (Abb. 4.3.9).

Fiktive AIS-Ziele: Verkehrsleitstellen können an Schiffe, die mit AIS ausgerüstet sind, Angaben über solche Schiffe versenden, die selbst nicht mit AIS ausgerüstet sind und die nur vom *VTS*-Radar verfolgt werden (*VTS Targets*).

Textmitteilungen (*Binary messages*): Verkehrsleitstellen können entweder an ein bestimmtes Schiff, an alle Schiffe oder an Schiffe in einer bestimmten Entfernung oder in einem bestimmten Gebiet Kurzmitteilungen versenden. Beispiele: *„METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL DATA“, „DANGEROUS CARGO INDICATION“, „FAIRWAY CLOSED“,*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

„TIDAL WINDOW“, „EXTENDED SHIP STATIC AND VOYAGE RELATED DATA“, „NUMBER OF PERSONS ON BOARD“, „VTS TARGETS“ (s. o.). So können etwa aktuelle Informationen über Strömungsverhältnisse oder Ort und Zeit von Fahrwassersperrungen auf Schiffe übertragen werden.

AIS bei Such- und Rettungsmaßnahmen (AIS-*SART*): AIS lässt sich hilfreich bei Such- und Rettungsmaßnahmen einsetzen. Ein AIS-*SART* kann alternativ zu einem RADAR-*SART* verwendet werden. AIS gestattet die unmittelbare Darstellung der Position eines Havaristen auch auf anderen Anzeigemedien wie z. B. auf einem Radarbildschirm oder auf einer elektronischen Seekarte (ECDIS), wodurch die Aufgabe der für die Suche und Rettung eingesetzten Fahrzeuge erleichtert wird.

Abb. 4.3.9: AIS-*Tracks* in einer Verkehrszentrale

Schifffahrtzeichen: Wird AIS in bestimmte feste und/oder schwimmende Seezeichen eingebaut, können dem Schiff beispielsweise folgende Angaben übermittelt werden: Position und Zustand des Seezeichens, Angaben zu Gezeiten und Strömungen, Wetterzustand und Sichtverhältnisse. AIS auf Schifffahrtzeichen werden zukünftig Radarbaken (RACONs; Kap. 4.2.7) ersetzen. Die Daten können auch von anderer Stelle, z. B. einer Revierzentrale, gesendet werden, ohne dass ein Schifffahrtzeichen real vorhanden ist (*Virtual targets*).

***Repeater*-Stationen:** *Repeater*-Stationen können durch gezielte Wiederaussendung von empfangenen AIS-Meldungen die Reichweite vergrößern und Funkhindernisse (z. B. Berge) überwinden. Sie sind insbesondere für die Binnenschifffahrt hilfreich.

Die Weitverkehrsfunktion von AIS: AIS ist mit einer Duplex-Schnittstelle versehen, über die der Anschluss an ein Kommunikationssystem (z. B. *Inmarsat-C* oder MF/HF-Funk im Rahmen von *GMDSS*; Kap. 10) geplant war. Diese Funktion ist durch die Einführung des *Long Range Information and Tracking* (LRIT) durch die IMO überholt worden und wird voraussichtlich zukünftig entfallen.

Satelliten-Empfang von AIS-Meldungen: Zusätzlich zum terrestrischen Empfang werden die AIS-Aussendungen weltweit von speziellen AIS-Empfangssatelliten empfangen und interessierten Nutzern zur Verfügung gestellt. Ein Problem dabei ist, dass die Satelliten durch den großen Empfangsbereich oft mehrere Aussendungen in einem Zeitschlitz empfangen. Um dieses Problem zu entschärfen, senden die AIS-Geräte der zweiten Generation zusätzlich zu den normalen Aussendungen noch alle 3 Minuten einen verkürzten Positionsreport mit einer Positionsauflösung von 1/10 Bogenminute auf zwei zusätzlichen Kanälen (75 und 76). Durch das verlängerte Sendeintervall ist die Wahrscheinlichkeit, dass im Empfangsgebiet mehr als eine Aussendung pro Zeitschlitz empfangen wird, deutlich verringert.

AIS *Class B* für die Sportschifffahrt: Eine zum *Class A* AIS für die Berufsschifffahrt kompatible Variante des AIS (*Class B*) wurde eingeführt, um insbesondere auch der Sportschifffahrt die Nutzung von AIS zu ermöglichen. Hauptunterschiede sind

- ein anderes Zugriffsverfahren, das Aussendungen der *Class A* AIS Vorrang gibt,
- die Verwendung hauptsächlich interner Sensoren,
- die Verwendung anderer Meldungstypen und Sendeintervalle (30 s),
- eine geringere Sendeleistung (2 W).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

4.3.8 *Long Range Identification and Tracking* (LRIT)

(1) Allgemeines

Als Folge der erhöhten Sicherheitsanforderungen seit dem Jahr 2001 hat die Internationale Seeschifffahrts-Organisation (IMO) ein System zur weltweiten Identifizierung und Routenverfolgung von Schiffen, das *Long Range Identification and Tracking* (LRIT) in das *SOLAS*-Regelwerk zur Sicherheit der Schifffahrt aufgenommen.

LRIT dient der Identifizierung von Schiffen außerhalb der AIS-Reichweite. Jedes Schiff sendet in sechsstündigen Intervallen Daten über

- Schiffsidentifikation,
- Position,
- Zeitpunkt

an ein Datenzentrum unter der Zuständigkeit des jeweiligen Flaggenstaates.

LRIT-Ausrüstung ist – seit 2009 – grundsätzlich erforderlich für Fahrgastschiffe unabhängig von ihrer Größe sowie Fracht- und sonstige Schiffe > 300 BRZ, jeweils in internationaler Fahrt. Eine Nichtbeachtung der Ausrüstungsverpflichtung kann zu Anlaufverboten durch Hafenstaaten und Problemen mit Küstenstaaten führen.

(2) LRIT-Bordausrüstung

Für LRIT-Zwecke kann eigenständige Ausrüstung benutzt oder vorhandene GMDSS-Ausrüstung mitgenutzt werden. Nach momentanem Stand sind die Systeme INMARSAT C (MiniC), INMARSAT M2N und Iridium grundsätzlich hierfür einsetzbar. Für den Betrieb der LRIT-Bordkomponente ist kein Eingriff oder Bedienung durch die Besatzung erforderlich.

(3) LRIT-Datenzentren

Die vom *Communication Service Provider* (CSP) an eine Landstation übermittelten Daten werden durch einen *Application Service Provider* (ASP) an die zugeordneten Datenzentren (LRIT Data Center) weitergegeben und dort in einer Datenbank abgelegt. Die Positionsmeldungen der Schiffe unter Europäischen Flaggen werden in einem gemeinsamen, von der EMSA betriebenen, EU-Datenzentrum zusammengeführt.

(4) Nutzung der LRIT-Daten

Die ausgesendeten Daten können – anders als beim AIS – nicht von anderen Schiffen oder Landstationen ausgewertet werden. Der Austausch von Daten erfolgt ausschließlich in einem international festgelegten Format zwischen den Datenzentren der jeweiligen Flaggenstaaten nach von der IMO festgelegten Zugriffsrechten. Abfrageberechtigt sind grundsätzlich

- Flaggenstaaten für ihre eigenen Schiffe,
- Küstenstaaten für Schiffe bis zu 1000 nm von ihrer Küste,
- Hafenstaaten für anlaufende Schiffe,
- Seenotrettungsdienste.

Ein berechtigter Nutzer kann auch das Sendeintervall eines Schiffes bis auf 15 min verkürzen. Entstehende Verbindungskosten übernimmt der abfragende Staat.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

5 Kurs- und Bahnregelung

5.1 Kursregelung *(Heading control)*

Jürgen Majohr

Die automatische Kursregelung von Schiffen mit Kursregelanlagen – auch Autopiloten oder Selbststeueranlagen genannt – gehört zur navigatorischen Standardausrüstung von Seeschiffen. Die Kursregelung *(Heading control)* regelt die Vorausrichtung (rwK, *Heading*) des Schiffes, und zwar

- die Kurshaltung (Festwertkursregelung), d. h. das Einhalten eines (vorgegebenen) Sollkurses bei der Einwirkung von Störgrößen infolge von Umgebungseinflüssen (Seegang, Wind und Strömung) und schiffsinternen Einflüssen (Asymmetrie des Schiffskörpers, indirekte Steuerwirkung der Schraube) sowie
- die Ausführung von Kursmanövern (Folgekursregelung), d. h. die Nachführung des Schiffskurses entsprechend vorgegebener Änderungen des Sollkurses, wobei dies durch die Vorgabe und unterlagerte Regelung einer Drehrate (*Rate of turn; RoT*) oder eines Drehradius (*Radius of turn*) unterstützt werden kann.

Nach *SOLAS* ist für alle Schiffe ≥ 10 000 GT und für alle *HSCs* die Ausrüstung mit einem Kurs- oder Bahnregelsystem vorgeschrieben [3.2.1] [3.2.2].

5.1.1 Wirkungsweise der automatischen Kursregelung und charakteristische Parameter

(1) Wirkungsblockbild der Kursregelung

Der Kursregelkreis setzt sich aus den Teilsystemen Kursregelstrecke (Schiff) und Kursregeleinrichtung zusammen (Abb. 5.1.1).

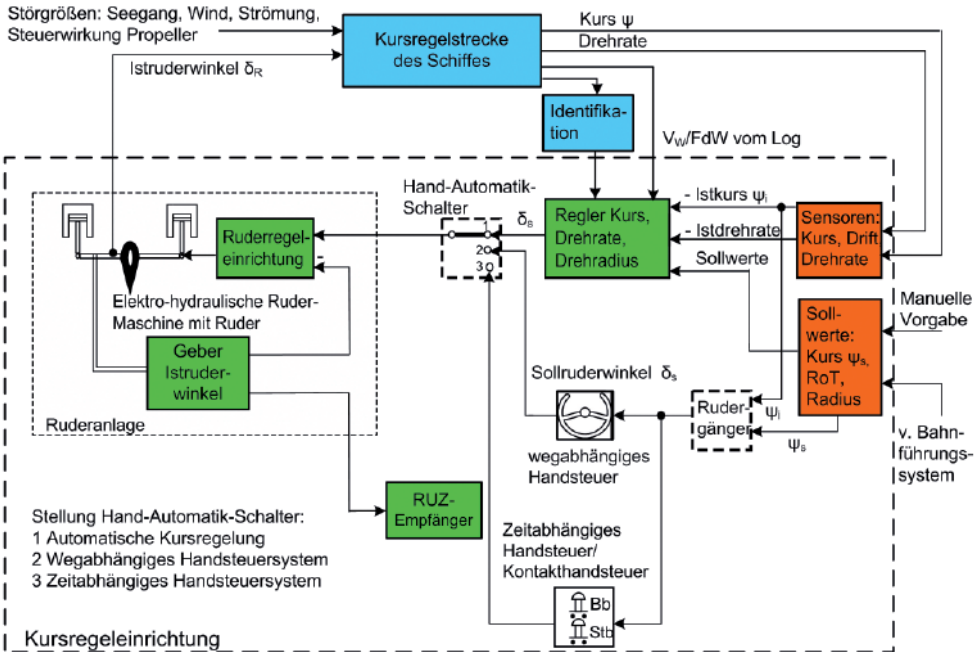


Abb. 5.1.1: Wirkungsblockbild der automatischen und manuellen Kursregelung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Kursregelstrecke: Die Kursregelstrecke stellt das geregelte Objekt dar und beinhaltet das Kursverhalten des Schiffes infolge gezielter Ruderauslenkung und unerwünschter Einwirkung äußerer Störgrößen.

Kursregeleinrichtung: Die Kursregeleinrichtung umfasst alle Systemkomponenten, die der Regelung des Schiffskurses dienen, d. h. Sensoren für Kurs und Drehrate, Einrichtungen zur Sollwertvorgabe (manuell oder durch ein übergeordnetes Bahnführungssystem; Kap. 5.2), Kursregler und Ruderanlage. Der Kursregler berechnet bei Störeinwirkung oder bei Vorgabe eines neuen Sollkurses die Differenz zwischen dem Sollkurs ψ_s und dem Istkurs ψ_i in Form der Kursabweichung (Regeldifferenz)

$$\psi_d = \psi_S - \psi_i \tag{5.1.1}$$

Stellgröße Ruder: Zur Ausregelung der Kursabweichung wird über einen Regleralgorithmus, z. B. PID-Regler (s. u.), ein Signal für einen am Ruder einzustellenden Korrekturruderwinkel (Sollruderwinkel δ_S) berechnet. Dieser wird bei der Stellung „Automatik/Kursregler" des Hand-Automatik-Schalters auf die Ruderanlage geschaltet, die einen entsprechenden Istruderwinkel δ_R einstellt. Die Drehraten- bzw. Drehradiusregelung erfolgt über einen gesonderten, dem Kursregler unterlagerten Reglerblock. Für die Handsteuerung (Stellung „Hand" des Hand-Automatik-Schalters) sind die folgenden zwei Verfahren üblich:

- **Wegabhängiges Handsteuersystem *(follow up rudder control; FU)*:** Der Sollruderwinkel δ_s wird am Handsteuer vorgegeben und über die Ruderregeleinrichtung (hydraulische Stellventile oder Regelpumpen) und die elektrohydraulische Rudermaschine in Betrag und Seitenlage (Bb, Stb) am Ruderblatt eingestellt.
- **Zeitabhängiges Handsteuersystem *(non follow up rudder control; NFU)*:** Die Betätigung der Rudermaschine erfolgt direkt durch das Bedienelement (Druckkontakte, Schaltwippen oder Tiller). Die Ruderlage ist von der Dauer der Betätigung des Zeittillers abhängig. Die Nachführung des Istruderwinkels wird am Ruderlageanzeiger (RUZ-Empfänger) verfolgt.

Zur Gewährleistung hoher Redundanz der Rudersteuerung sind nach *SOLAS* zwei voneinander unabhängige maschinelle Ruderanlagen und -antriebe vorzusehen, die durch zwei getrennte Rudersteuerungen/Steuerwege als Haupt- und Reservesteuerweg zu steuern sind, z. B. Weg-Weg-Steuerungen oder Weg-Zeit-Steuerungen, wobei deren Umschaltung mittels eines Steuerwegwahlschalters vorzunehmen ist. Ein Kursregler kann nur in Verbindung mit der Nachlaufregelung der Wegsteuerung arbeiten.

(2) Modell des Kursverhaltens des Schiffes

a) Mathematisches Modell des Kursverhaltens

Zur Anpassung der Parameter des Kursreglers an die Steuereigenschaften und -parameter des Schiffes ist die Kenntnis eines mathematischen Modells zur Beschreibung des Kursverhaltens $\psi(t)$ des Schiffes in Abhängigkeit von der Ruderauslenkung $\delta_R(t)$ erforderlich. Die folgende auf Nomoto zurückgehende Differentialgleichung beschreibt die Kurshaltung des Schiffes in der Nähe eines geraden Kurses mit konstanter Geschwindigkeit und dynamischer Gierstabilität des Schiffes mit ausreichender Genauigkeit [5.1.6]:

$$T_S \frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{d\psi}{dt} = K_S \cdot \delta_R \tag{5.1.2}$$

Gl. (5.1.2) lässt sich aus den allgemeinen Bewegungsgleichungen für gesteuerte Schiffsbewegungen (s. HB Nautik II) durch Linearisierung ableiten [5.1.7]. Aus der Lösungsfunktion der Kursgleichung für eine schnelle/sprungförmige Auslenkung des Sollruderwinkels (Abb. 5.1.2) werden im Folgenden die Steuerparameter K_S und T_S ermittelt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Steuerparameter des Schiffes und ihre Identifizierung

Die zwei Steuerparameter K_S und T_S werden am einfachsten mittels eines Kursänderungsmanövers (Anschwenken eines Drehkreises; Abb. 5.1.2) identifiziert. Dabei wird das Handsteuer einer wegabhängig arbeitenden Handsteueranlage *(follow-up-control)* z. B auf einen Sollruderwinkel $\delta_S = 10°$ Stb ausgelenkt und die als Folge entstehende Kursänderung als Funktion der Zeit $\psi(t)$ registriert. Das Manöver sollte bei der Nominal-(Dienst)geschwindigkeit des Schiffes ausgeführt werden. Eine Ruder-Trimmlage sollte beachtet werden.

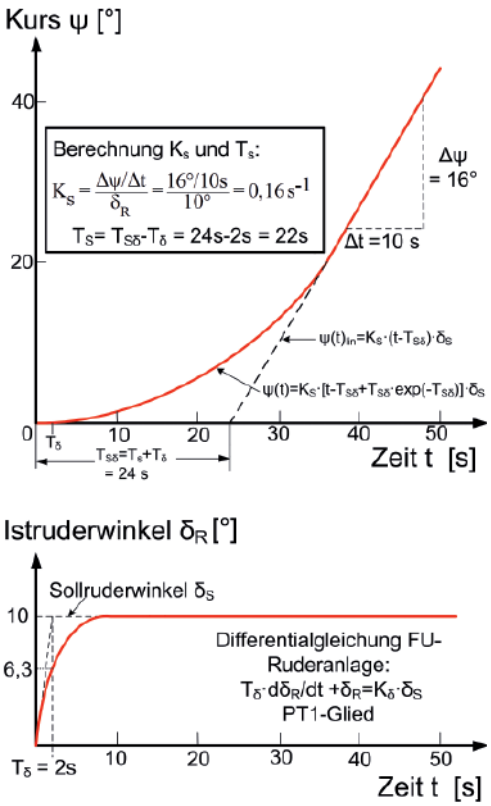


Abb. 5.1.2: Ermittlung der Steuerparameter K_S und T_S des Schiffes mit Drehkreistest

Drehfähigkeit K_S: Der Parameter K_S ist ein Maß für die Drehfähigkeit *(Turning ability)* des Schiffes. Er gibt an, welche stationäre Drehrate *(Rate of turn; RoT)* mit einem definierten Ruderwinkel erreicht wird:

$$K_S = \frac{(\Delta\psi/\Delta t)_{stat}}{\delta_R} = \frac{(RoT)_{stat}}{\delta_R} \qquad (5.1.3)$$

K_S wird berechnet, indem an der Kurskurve mit konstanter Steigung (RoT = konst.) der Quotient Kursänderung $\Delta\psi$ zur Zeitänderung Δt ermittelt und auf den auslösenden Ruderwinkel bezogen wird. Im Beispiel ergibt sich: $K_S = 0{,}16/s$.

Schiffszeitkonstante T_S: Der Parameter T_S ist ein Maß für die durch die Schiffsmasse bedingte Trägheit des Schiffes bei einer Kursänderung bis zum Erreichen des stationären Verhaltens der Drehrate. Zur Bestimmung von T_S wird der Teil der Kursfunktion mit konstanter Steigung bis zur Zeitachse verlängert und die Zeit T abgelesen. Die Zeitkonstante T_S bestimmt sich dann – unter Berücksichtigung der Zeitkonstante der Ruderanlage T_δ – zu

$$T_S = T - T_\delta \qquad (5.1.4)$$

Im Beispiel ergibt sich $T_S = 22$ s. Die Zeitkonstante der Ruderanlage liegt meist in der Größe von $T_\delta = 2$ bis 3 s, sie sollte möglichst messtechnisch an Bord ermittelt werden (abzulesen auf der Zeitskala bei 63 % des eingestellten Sollruderwinkels, Abb. 5.1.2). Optimal ist ein Kursänderungsmanöver bei geringen äußeren Störungen – bei möglichst ruhiger See und wenig Windeinfluss. Sind Störeinflüsse unvermeidbar, sollten Kursänderungsmanöver nacheinander nach Backbord und Steuerbord erfolgen und der Mittelwert der Steuerparameter gebildet werden.

(3) Veränderung der Steuerparameter und ihre Bestimmung/Identifikation

Einfluss der Schiffsgröße: In Abhängigkeit von der Schiffsgröße (Schiffslänge) variieren die Steuerparameter in einem großen Bereich ($K_S \approx 0{,}23$ bis $0{,}02\ s^{-1}$; $T_S \approx 5$ bis 120 s mit zunehmender Schiffsgröße) [3.2.3].

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Einfluss von Beladung/Trimm: Bei der Werftprobefahrt können nur die Steuerparameter für das Schiff im Ballastzustand ermittelt werden. Für andere ausgewählte Beladungs-/Trimmfälle sollten die Steuerparameter durch Testmanöver (s. o.) identifiziert werden (s. a. adaptive Steuerung). Gewisse Abhilfe: Vergleichbare Parameter von Schwesterschiffen. Trend: Vergrößerung von T_S und Verringerung von K_S (auch vom Trimm abhängig) mit zunehmender Beladung.

Geschwindigkeitseinfluss: Ist die Geschwindigkeit durchs Wasser geringer als die Dienstgeschwindigkeit, ändern sich die Steuerparameter wie folgt [5.1.1]:

$$K_{sr} = K_{sn} \cdot \frac{v_r}{v_n} \qquad T_{sr} = T_{sn} \cdot \frac{v_n}{v_r} \tag{5.1.5}$$

Dabei ist n der Index für Größen bei Nominalgeschwindigkeit, r der Index für Größen bei reduzierter Geschwindigkeit. Mit der Reduzierung der Geschwindigkeit verringert sich also die Drehfähigkeit K_S und vergrößert sich die Schiffszeitkonstante T_S (gegenläufige Tendenz!). Diese Zusammenhänge werden in adaptiven Kursreglern zur automatischen Adaption der Reglerparameter an die FdW genutzt (s. adaptive Steuerung).

Automatische Identifikation der Steuerparameter: Die automatische Identifikation der Steuerparameter – unter Einbeziehung aller Einflussgrößen – erfolgt im Rahmen der adaptiven Regelung mit Methoden der Systemidentifikation/Parameterschätzung [5.1.8] und mit Testsignalen, die den Schiffsbetrieb möglichst wenig stören, z. B. Zick-Zack-Manöver, oder durch Nutzung von Kursänderungsmanövern.

(4) PID-Kursregler

Der PID-Kursregler (mit „Proportional-Integral-Differential"-Übertragungsverhalten) ist eine bewährte Reglerstruktur in Kursregelanlagen, die heute in digitalen Kursreglern realisiert wird. Die Anpassung der Reglerparameter an die Steuerparameter des Schiffes ist transparent durchführbar und der PID–Regler ist relativ robust gegenüber den Veränderungen der Steuerparameter. Die Funktionsgleichung des zeitkontinuierlichen PID-Kursreglers lautet

$$\delta_s(t) = K_p \cdot \psi_d(t) + K_D \cdot \frac{d\psi_d(t)}{dt} + K_I \cdot \int_0^T \psi_d(t) \cdot dt = K_p \cdot \left(\psi_d(t) + T_V \cdot \frac{d\psi_d(t)}{dt} + \frac{1}{T_N} \cdot \int_0^T \psi_d(t) \cdot dt \right) \tag{5.1.6}$$

Danach setzt sich der Sollruderwinkel (Korrekturruderwinkel) δ_S zur Ansteuerung der Ruderanlage summativ aus den folgenden Anteilen zusammen:

Proportional-(P-)Anteil: Der P-Anteil ist der momentanen Kursabweichung ψ_d (Gl. 5.1.1) proportional. Der Einstellparameter K_P wird mit dem Begriff „Ruder" (*Rudder*) bezeichnet.

Differential-(D-)Anteil: Der D-Anteil entspricht dem zeitlichen Differential der Kursabweichung, d. h. der momentanen Drehrate. Der Einstellparameter K_D (bzw. Vorhaltzeit $T_V = K_D/K_P$) wird „Stützruder" oder „Gegenruder" (*Counter rudder*) genannt. Durch den D-Anteil wird beim Einlaufen des Istkurses in den Sollkurs ein Überschwingen verhindert und ein aperiodischer (stabiler) Einlauf gewährleistet, indem das Ruder mit einem zeitlichen Vorhalt in die Mittschiffslage und dann Gegenruder gelegt wird.

Integral-(I-)Anteil: Der I-Anteil ist dem zeitlichen Integral der Kursabweichung proportional. Der Einstellparameter K_I (bzw. Nachstellzeit $T_N = K_P/K_I$) wird „Dauerruder" oder „Rudertrimm" genannt. Der I-Anteil kompensiert konstante Störmomente um die Hochachse des Schiffes, z. B. infolge stationären Seitenwinds, Wellendrift, Strömung und indirekter Steuerwirkung eines Einschraubenschiffs, indem er einen konstanten Ruderwinkel (Dauerruder) einstellt. Dabei wird eine bleibende Kursabweichung vermieden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(5) Gierfilter zur Reduzierung der Ruderbewegungen bei Seegangsgieren des Schiffes

Höherfrequente Kursbewegungen (sogenanntes Seegangsgieren) des Schiffes, hervorgerufen durch irreguläre Windsee und instationären Wind, mit Perioden im Bereich der Wellenperioden von 5 bis 15 s können wegen der Trägheit des Schiffes nicht oder nur teilweise durch den Kursregler mit Ruderauslenkungen ausgeregelt werden. Das Seegangsgieren führt lediglich zu häufigen und großen Ruderbetätigungen und damit zu unerwünschter Widerstandserhöhung des Schiffes, Treibstoffverlusten und starker Belastung der Rudermaschine.

Gierfilter: Seegangsgiersignale werden deshalb mittels frequenzabhängig arbeitender Tiefpassfilter (Gierfilter) gedämpft, bevor sie in den Reglerblock gelangen. Wegen der sich häufig ändernden Seegangsbedingungen werden adaptive Filterlösungen angewandt, bei denen sich der Parameter „Wetter“ bzw. „Gierlose“ selbsttätig an die Seegangsbedingungen anpasst. Als Beispiel einer effektiven Gierfilterlösung zeigt Abb. 5.1.3 ein adaptives, nichtlineares NL-Filter [5.1.3]. Dabei sind ein Tiefpassfilter, das auf die Frequenz des Seegangsgiersignals anspricht, und eine Unempfindlichkeitszone (Gierlose, Totzone), angepasst an die Amplitude des Seegangsgiersignals, kombiniert. Niederfrequente Nutzsignale können wegen der Vorhaltwirkung des unteren Signalwegs das NL-Filter praktisch ungedämpft passieren.

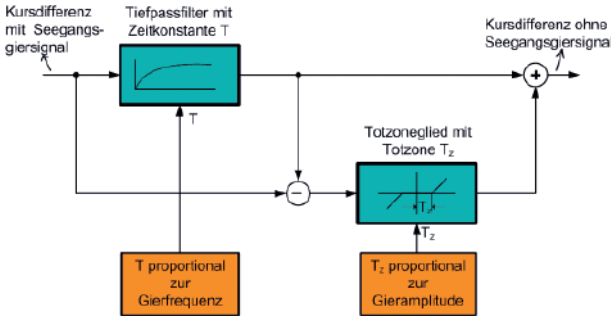


Abb. 5.1.3: Adaptives nichtlineares Tiefpass-Filter [5.1.3]

Praxis: Der Vergleich der PID-Kursregelung mit und ohne NL-Filter (Abb. 5.1.4) zeigt, dass sich ohne Gierfilter unerwünschte, große und häufig auftretende Auslenkamplituden des Ruders über 10° nach beiden Seiten einstellen, während durch die Wirkung des adaptiven NL-Filters das Ruderlageverhalten sich sehr stark beruhigt, ohne dass die Kurshaltung verschlechtert wird.

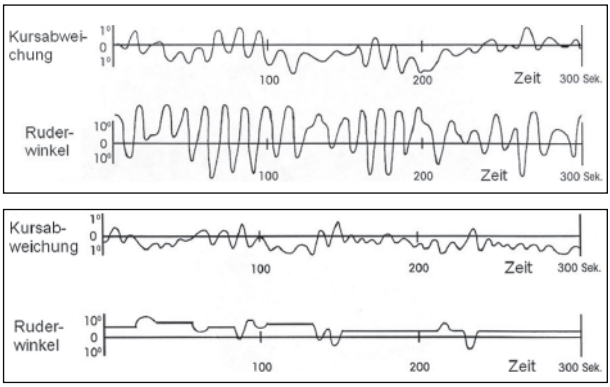


Abb. 5.1.4: Kurs- und Ruderverhalten im automatischen Betrieb ohne (oben) und mit (unten) Seegangsfilter [5.1.3]

Es liegt eine konstante Dauerruderlage von etwa 3° bis 5° an, eingestellt durch den I-Anteil des Kursreglers. Mit kleinen, kurzzeitigen Ruderauslenkungen werden größere Kursabweichungen korrigiert. Eine Alternative für das Gierfilter besteht im Einsatz eines Kalman-Filters.

5.1.2 Betriebsarten und Bedienung von Kursreglern

Die folgenden Bedienoperationen und -parameter sind typisch für Kursregler und sind – wenn auch in unterschiedlicher Ausführung – bei den meisten Typen wiederzufinden. Ein beispiel-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abb. 5.1.5 a: Bediengerät für Grundfunktionen der Kursregelung
Quelle: ©Raytheon Anschütz GmbH

Abb. 5.1.5 b: Touch Screen für Einstellung der Reglerparameter
Quelle: ©Raytheon Anschütz GmbH

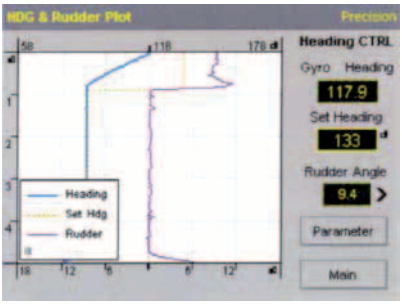


Abb. 5.1.5 c: Menü Kurs- und Ruderlagenplots
Quelle: ©Raytheon Anschütz GmbH

haftes Bediengerät eines Autopiloten zeigt Abb. 5.1.5 mit den Grundfunktionen der Kursregelung (a), der Einstellung der Reglerparameter (b) und anwählbaren Plots von Kurs- und Ruderlage (c).

(1) Regelungsarten (Abb. 5.1.5 a)

- **Automatische Kursregelung (*Heading control*):** Grundbetriebsart zur Regelung des Kompasskurses, ohne Driftkompensation,
- **Drehraten- oder Radiusregelung:** Unterstützung von automatischen Kursänderungen,
- **Automatische Regelung des Kurses über Grund (*Course control*):** Kursregelung mit Driftkompensation, s. Kap. 5.2,
- **Automatische Bahnregelung (*Track control*):** Kopplung des Kursreglers an ein Bahnführungssystem, s. Kap. 5.2,
- ***Override Tiller:*** Schneller manueller Zugriff auf die Ruderanlage bei Kursreglerbetrieb in Gefahrensituationen (mit Zeitsteuerung sowie optischer und akustischer Anzeige). Die Rückschaltung auf den Kursregler erfolgt in der Regel nicht selbsttätig, außer wenn die Sollkursvorwahl des Kursreglers nachgeführt wird.

(2) Auswahl der Sensoren und Eingangsgrößen (Abb. 5.1.5 b)

Kurs: Auswahl und Anzeige des benutzten Kurssensors (Kursmonitoring)

Fahrt durchs Wasser: Manuelle oder automatische Eingabe für die Parameteradaption

Drehkreisradius: Berechnung aus gemessener Drehrate und FdW (bei Drehradiusregelung)

(3) Einstellung der Reglerparameter „Ruder", „Gegenruder", „Rudertrimm", „Wetter"

Es gibt – je nach Anlagenkonfiguration – die folgenden Lösungswege, wobei die Grenzen zwischen den Lösungen häufig fließend sind.

a) **„Manuelle Einstellung:** Die konventionelle manuelle (empirische) Einstellung ermöglicht lediglich eine suboptimale Einstellung der Kursregelung.

– **„Ruder" und „Gegenruder":** Die Parameter werden so eingestellt, dass eine Kursänderung oder eine Störgrößenausregelung möglichst schnell und ohne wesentliches Überschwingen erfolgt (max. 10 %, d. h. 2° bei 20° Kursänderung [5.1.2]). Dazu kann vollständige oder teilweise Kompensation der Summe der Zeitkonstanten von Schiff T_S und Ruderanlage T_δ durch den Parameter Gegenruder K_D erfolgen, d. h.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

$$K_D = (1 \ldots 0{,}7) \cdot (T_s + T_\delta), \tag{5.1.7}$$

wobei der kleinere Wert bei Seegangsgierung wegen der geringeren Ruderbetätigung günstiger ist. Der Parameter Ruder wird dann mittels der bei aktuellen Kursreglern implementierten Kurs- und Ruderlagenplots (Abb. 5.1.5 c) so eingestellt, dass die vorgegebene Regelgüte erreicht wird. Tendenz: Je größer K_p, umso kürzere Einschwingzeit, aber umso größere Überschwingweite. So ergibt sich durch Simulation z. B. bei T_S = 20 s, T_δ= 2 s, K_S = 0,1 s^{-1}, K_d = 22 s, K_I =0,01 s^{-1} ein K_p = 2.0 (entspricht 2° Ruder bei 1° Kursabweichung, „Wetter" = 0, Überschwingweite ca. 10 %). Entsprechend den Steuerparameterveränderungen (s. o.) sind die Reglerparameter anzupassen, z. B. bei Verringerung der Geschwindigkeit und damit verbundener Erhöhung der Schiffszeitkonstante T_S sollte das Gegenruder K_D entsprechend erhöht werden (ggf. ist das Bedienungshandbuch hinzuzuziehen).

– **„Rudertrimm":** Der Parameter, der zur Ausregelung langsam veränderlicher, unsymmetrischer Störeinflüsse (vorwiegend Seitenwind) dient, wird gegenüber den P- und D-Anteilen sehr klein gehalten (s. o.), so dass er wegen seiner phasennacheilenden Wirkung die Kursregelung nicht wesentlich destabilisiert. Er wird deshalb anlagenintern auch meist fest eingestellt, so dass seine manuelle Anpassung nicht erforderlich ist. Bei größeren Kursänderungen und kurvenreichen Fahrtabläufen wird der I-Anteil häufig anlagenintern abgeschaltet und erst nach Beendigung der Kursänderung wieder zugeschaltet.
– **„Wetter/Gieren" (*Weather/Yawing*):** Bei höherfrequenten Kursabweichungen durch stärkeres Seegangsgieren ist dieser Einstellparameter heraufzusetzen, um die Ruderanlage zu schonen und eine Erhöhung des Treibstoffverbrauchs zu vermeiden, zumal das Gieren durch die Parametereinstellung ohnehin kaum beeinflusst werden kann. Generell ist der Parameter „Wetter" so zu wählen, dass sich ein Kompromiss zwischen der Häufigkeit und Größe der Ruderauslenkungen und der mittleren Kursabweichung ergibt.

b) Adaptive Steuerung: Existiert eine eindeutige Beziehung zwischen einer Zustandsgröße des Schiffes und den Steuerparametern, so kann das Verfahren der adaptiven Steuerung der Reglerparameter angewendet werden. Dies gilt für die Geschwindigkeitsadaption auf der Basis der Gl. (5.1.7) und der Messung der FdW. Für die Beladungs-/Trimmadaption ist wegen der nicht möglichen Messung der Beladung/Trimm deren Eingabe am Kursregler erforderlich.

c) Adaptive Regelung: Auf der Grundlage der Online-Identifikation der Steuerparameter des Schiffes erfolgt die automatische Anpassung/Adaption der Reglerparameter in Form eines dem Grundregelkreis übergeordneten Adaptivregelkreises mit Güteeinschätzung der Regelung. Auf den Einsatz adaptiver Filter (Wetteradaption) wurde bereits hingewiesen (s. o.).

d) Wahl der Gütekriterien „Ökonomie" oder „Präzision" (Abb. 5.1.5 b): Der Modus „Ökonomie" (*Economy*) bewirkt eine Kursregelung mit kleinen Ruderauslenkungen zur Treibstoffreduzierung und noch akzeptabler Kursabweichung, während der Modus „Präzision" (*Precision*) eine präzise Kurshaltung – erzielt durch größere Ruderauslenkungen – gewährleistet. „Ökonomie" sollte bei der Fahrt in freier See und bei rauer See, „Präzision" für die Fahrt in küstennahen Revieren und auf Zwangswegen sowie ruhiger See gewählt werden.

(4) Einstellung von Begrenzungen/Alarmen (Abb. 5.1.5 b)

Ruderwinkelbegrenzung *(Rudder limit)*: Einstellung einer Begrenzung des Ruderwinkels für eine ökonomische Fahrweise.

Kursabweichungsalarm *(Off-heading alarm)*: Einstellung des Grenzwertes für die Abweichung des anliegenden Kurses vom Sollkurs (mindestens im Bereich 5° bis 15° einstellbar), z. T. abgeschaltet bei Kursänderungsmanövern.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Kursüberwachungsalarm (*Heading monitoring*): Einstellung des Grenzwertes für die Abweichung des gerade benutzten Kurssensors (Kreiselkompass) von einem zweiten Kurssensor (z. B. Magnetkompass) (mindestens im Bereich 5 ° bis 15 ° einstellbar).

Weitere Alarme treten bei Störung der Stromversorgung und Fehlfunktionen des Kursreglers auf.

5.1.3 Leistungsmerkmale und -grenzen der automatischen Kursregelung

(1) Leistungsmerkmale

Bei ruhiger See und Abwesenheit von Störungen soll der Mittelwert der Kursabweichungen innerhalb von ±1 ° und die maximale Einzelabweichung innerhalb von 1,5 ° liegen [5.1.4], was in der Bordpraxis auch bis zu einem Seegang mittlerer Stärke meist eingehalten oder überboten wird (Abb. 5.1.4). Durch adaptive Lösungen, wie adaptive Gierfilter, und die Wahl des Gütekriteriums „Ökonomie", kann der Treibstoffverbrauch in der Größenordnung von mehreren Prozenten reduziert werden. Nach der Umschaltung vom Kreiselkompass auf einen Magnetkompass – mit Schleppfehler und Schwingneigung – können sich die Kursabweichungen vergrößern.

(2) Grenzen der automatischen Kursregelung

In die automatische Kursregelung wird zuweilen zu großes Vertrauen gesetzt. Nach *SOLAS* dürfen Kursregelungs- und Bahnregelungssysteme in Seegebieten mit hoher Verkehrsdichte, bei eingeschränkten Sichtverhältnissen und in allen sonstigen gefährlichen Navigationssituationen nur dann genutzt werden, wenn es möglich ist, sofort auf Handsteuerbetrieb überzugehen und ein befähigter Rudergänger dafür zur Verfügung steht [5.1.5].

Zu beachten:

- Die Nutzung eines Kursreglers befreit nicht von der Besetzung des Ausgucks.
- Wachoffiziere müssen die Prozeduren bei der Umschaltung von Kursregler- auf Handsteuerbetrieb sowie der Umschaltung von Steuerständen beherrschen.
- Bei zu geringer Geschwindigkeit und/oder in schwerer See ist die automatische Kursregelung prinzipbedingt möglicherweise nicht in der Lage, die Kurshaltung mit der erforderlichen Genauigkeit zu gewährleisten. Es ist auf Handsteuerbetrieb umzuschalten.
- Die oben genannten vorteilhaften Aspekte der automatischen Kursregelung (Genauigkeit, Ökonomie) können nur genutzt werden, wenn bei manueller Einstellung von Regler- und Filterparametern diese an die Schiffsgeschwindigkeit, die Beladung des Schiffes und die Seegangsbedingungen richtig angepasst werden, andernfalls können unerwünschte Kurs- und Ruderauslenkungen/-schwingungen sowie große Rollbewegungen entstehen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

5.2 Bahnregelung *(Track control)*

Jürgen Majohr

Systeme der Bahnregelung dienen zur automatischen Führung des Schiffes auf vorgeplanten Bahnen über Grund *(Tracks)*. Nach *SOLAS* ist für alle Schiffe ≥ 10 000 GT und für alle *HSCs* die Ausrüstung mit einem Kurs- oder Bahnregelungssystem vorgeschrieben [3.2.1, 3.2.2]. Leistungsanforderungen werden in der *IMO-Resolution MSC.74 (69)* [5.2.1] und der IEC 62065:2014 [5.2.2] formuliert. Die IEC 62065 beinhaltet ausschließlich die Bahnregelung, während die Bahnplanung Gegenstand des INS-Standards IEC 61924 (Kap. 6.1) ist.

5.2.1 Wirkungsweise der automatischen Bahnregelung und charakteristische Parameter

(1) Grundprinzip der automatischen Bahnregelung

Die Notwendigkeit der Bahnregelung eines Schiffes ergibt sich aus seiner Verdriftung, z. B. infolge von Strom und Seitenwind, die sich nicht in einer Kursdrehung bemerkbar macht und somit durch die Kursregelung nicht ausgeregelt werden kann. Zu regelnde Größe ist der Querabstand von einer vorgegebenen Sollbahn, der durch die Bahnregelung in Verbindung mit der Positionsbestimmung des Schiffes zu einem Minimum geführt werden soll. Wegen der komplexen Bahndynamik (zweifache Integration, eine positive Nullstelle der Übertragungsfunktion [5.1.1]) kann mit einem einläufigen Regelkreis – wie bei der Kursregelung – die Stabilität der Bahnregelung nicht gewährleistet werden, so dass die Bahnregelung als Kaskadenregelung konfiguriert wird und der äußere Bahnregelkreis den Sollwert (Sollkurs) für den inneren Kursregelkreis liefert.

Das grundsätzliche Wirkungsprinzip der Bahnregelung in Form der Kaskadenregelung geht aus dem Blockbild (Abb. 5.2.1) hervor, wobei die folgenden Hauptkomponenten zu unterscheiden sind:

Bahnplanung: Bei der Vorplanung des vorgesehenen Reiseweges (Sollbahn, Route), der automatisch verfolgt werden soll, wird die Sollbahn über Grund in der Regel durch eine Sequenz von geradlinigen Bahnabschnitten (*Legs*) zwischen Wegpunkten/Kursänderungspunkten (*Waypoints, WPTs*) approximiert, die in geografischen Koordinaten angegeben werden (s. Abb. 5.2.4).

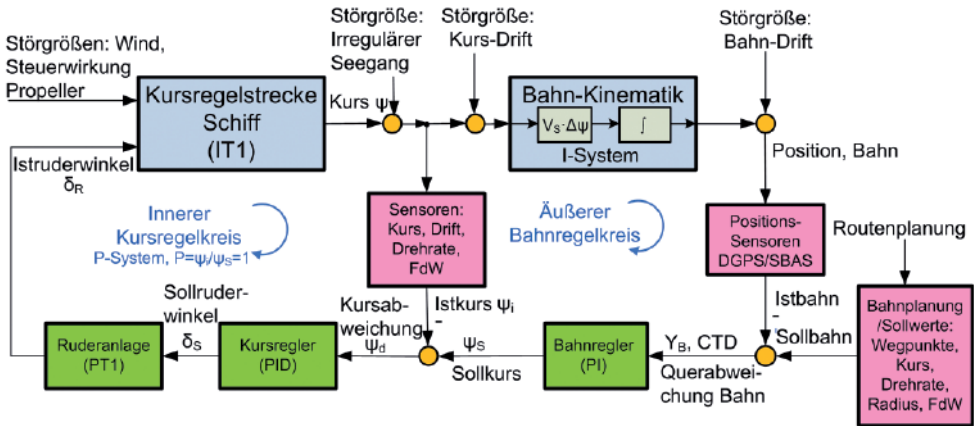


Abb. 5.2.1: Wirkungsblockbild der Bahnregelung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Für gekrümmte Bahnabschnitte an den Wegpunkten werden Solldrehraten oder Sollradien für die Bahn-/Kursänderungsmanöver vorgegeben (Kategorie B). Weiterhin können der Sollkurs für eine unterlagerte Kursregelung und die Sollfahrt für eine optionale Fahrtregelung – zur Einhaltung eines Geschwindigkeits-/Zeitprofils beim Fahren auf der Sollbahn und das zeitliche Erreichen eines Zielortes (FüG auf Bahnabschnitten und/oder Ankunfts-Abfahrtzeiten an/von Wegpunkten, absolute Zeitreferenz der Route, Schnittstelle zum Antriebssystem, maximale und minimale Geschwindigkeit) – eingestellt werden. Die Vorgabe der Sollwerte für die Bahnplanung wird häufig auch durch Laden von Wegpunkt- oder Sollbahndaten von externen Eingabegeräten (ECDIS/Kap. 4.1, INS/Kap. 6.1, Radar/Kap. 4.2) vorgenommen. Entsprechend kann die Funktionalität der Bahnregelung (Bahnvorgabe, Bahnkontrolle) entweder auf einer ECDIS, als Teil einer INS oder als *Stand alone equipment* realisiert werden.

Sensoren: Zu den Sensorsystemen gehören mindestens zwei voneinander unabhängige elektronische Positionssensoren (primäre und sekundäre Positionsquelle) zur Erfassung der Abweichungen der Schiffsposition von der Sollbahn in Größe und Richtung und Sensoren zur Messung von Kurs, Drehrate, Drift und FdW.

Kaskaden-Bahnregelung: Der Bahnregler berechnet – ausgehend von den Istpositionsdaten – die im Fall von Störeinwirkungen (Drift infolge von Strom und Seitenwind) entstehende Querabweichung von der Sollbahn *(Cross track distance; CTD)*. Zu deren Ausregelung wird über den Bahnregleralgorithmus ein Sollkurssignal ermittelt, das nicht direkt auf die Ruderanlage, sondern an den Kursregleralgorithmus als Führungswert übergeben wird. Weitere Regelabweichungen werden aus den Soll- und Istwerten von Drehrate, Drehradius, Kurs und Fahrt gebildet, die gesonderte Regleralgorithmen ansteuern. Der Kursregler regelt über die als Folgeregelung (*Follow up control*) arbeitende Ruderanlage den Schiffskurs entsprechend dem Sollkurswert ein. Es können der Kompasskurs oder – bei Nutzung eines Zweikomponentenlogs bzw. GPS zur Ermittlung der Drift – der Kurs über Grund geregelt werden. Kursabweichungen infolge sich schnell ändernder Störeinflüsse (irregulärer Seegang, instationärer Wind) werden unmittelbar durch den inneren Kursregelkreis ausgeregelt, so dass sich diese kaum als Bahnabweichungen im äußeren Bahnregelkreis auswirken. Dem Bahnregleralgorithmus obliegt lediglich die Ausregelung der langsam veränderlichen Driftabweichungen des Schiffes, die z. B. infolge Strom-, Wind- und Wellendrift, entstehen. Der kaskadierte Bahnregelungsprozess ist für den Bediener transparent: Bei einer Störung – z. B. durch Ausfall oder Fehler des Positionssensors (bemerkbar durch Positionsmonitoring, Tabelle 5.2.1) – wird manuell oder automatisch auf Kursregelungsbetrieb umgeschaltet (Rückfallposition).

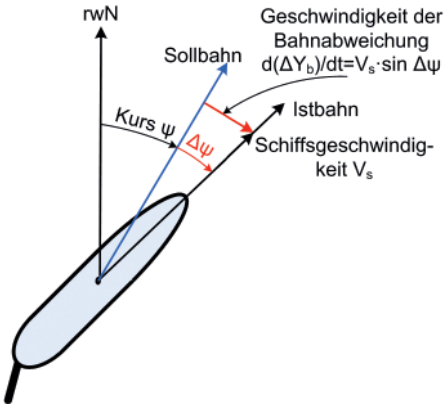


Abb. 5.2.2: Bahnkinematik

Bahnkinematik und Struktur des Bahnreglers: Der innere Kursregelkreis ist für die Dynamik der Bahnregelung (Stabilität und Regelgüte) zuständig, so dass im Bahnregler kein D-Anteil mehr erforderlich ist. Da der Kursregelkreis schneller arbeitet als der Bahnregelkreis, kann er näherungsweise als ein proportionales Übertragungsglied (P-Glied) mit der Verstärkung P = 1 vereinfacht werden. Die Bahnkinematik beschreibt die durch eine Änderung des Kurses (im Sinne einer Kurskorrektur) Δψ entstehende Geschwindigkeit der Querabweichung von der Bahn nach Abb. 5.2.2 zu:

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

$$\frac{d(\Delta Y_B)}{dt} = V_S \cdot \sin \Delta\psi \tag{5.2.1}$$

Dabei wird der Gierwinkel, der weitgehend abgeregelt ist, vernachlässigt. Für kleine Änderungen des Kurses $\Delta\psi$ kann die Sinusfunktion durch ihr Argument ersetzt werden. Die Querabweichung ergibt sich dann durch Integration über der Zeit wie folgt:

$$Y_B = \int_0^T (V_S \cdot \Delta\psi) \cdot dt \tag{5.2.2}$$

Somit beinhaltet die Bahnkinematik ein integrales Übertragungsverhalten (I-Glied). Zur Kompensation einer stationären Kurs-Driftstörung am Eingang der I-Strecke, u. a. bedingt durch nicht ausgeregelte Seitenwindstörung infolge des kleinen I-Anteils des PID-Kursreglers, ist im Bahnregler ein I-Anteil erforderlich, damit keine bleibende Regelabweichung (bleibender Bahnversatz) entsteht. Somit ist die Wahl einer PI-Reglerstruktur im Bahnregler sinnvoll, die auch Bahn-Drift-Störungen am Ausgang der Bahnregelstrecke kompensiert. Die geräteinterne Dimensionierung der Reglerparameter sollte so erfolgen, dass bei größeren Bahnabweichungen die Bahnrückführung mit moderaten Kursänderungen erfolgt.

(2) Klassen von Bahnregelungssystemen

Die folgenden drei Klassen von Bahnregelungssystemen werden unterschieden:

Kategorie A: Die Bahnregelung erfolgt nur entlang eines oder mehrerer geplanter gerader Bahnabschnitte. Die Bahnwechselmanöver müssen extern (nicht mit Bahnregelung) ausgeführt werden, z. B. mittels Handsteuerung oder Kursregelung (*Heading control*, Kap. 5.1). *SOLAS* fordert nur die Kategorie A.

Kategorie B: Die Bahnregelung wird entlang der geplanten geraden Bahnabschnitte vorgenommen. Die Kursänderungsmanöver *(Assisted turns)* von einem geraden Bahnabschnitt in den nächsten werden im Rahmen der Bahnregelung mittels Regelung einer vorgegebenen Drehrate oder eines Drehradius auf der Basis der Istwerte dieser Größen – aber nicht ausgehend von den Positionen des Schiffes – ausgeführt, so dass ein gekrümmter Bahnabschnitt näherungsweise abgefahren wird.

Kategorie C: Die Bahnregelung erfolgt sowohl auf den geplanten geraden Bahnabschnitten als auch auf gekrümmten Bahnabschnitten auf der Basis der Querablage, d. h. der Istpositionen des Schiffes *(Full track control)*.

5.2.2 Betriebsarten und Bedienung von Bahnregelungssystemen

(1) Betriebsarten des Bahnregelungssystems

Bei Bahnregelungssystemen mit Kaskadenstruktur können in der Regel die folgenden Betriebsarten (Modi) gewählt werden:

Regelung Kompasskurs *(Heading mode)*: Das Bahnregelungssystem arbeitet als Kursregelsystem (s. Kap. 5.1). Es erfolgt keine Berücksichtigung des Driftwinkels (Abb. 5.2.3).

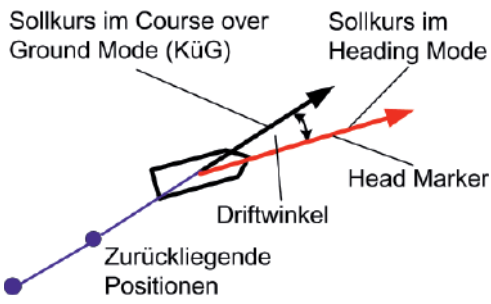


Abb. 5.2.3: Betriebsarten *Heading mode* und *CoG mode*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Regelung KüG *(CoG mode)*: Ist der Driftwinkel verfügbar, z. B. von GPS, einem Zweikomponenten-Dopplerlog in der Betriebsart *Bottom track* (Kap. 3.3.3) oder einem Satellitenlog (Kap. 3.3.5), kann der Kurs des Schiffes in Richtung der Sollbahn über Grund geführt werden – inklusive Kompensation von Wind und Strom (Abb. 5.2.3).

Regelung Bahn über Grund *(Track control)*: Das Schiff wird automatisch auf einer geplanten Bahn über Grund (Sollbahn) geführt.

(2) Einstellung der Parameter, Alarme und Anzeigen der Bahnregelung

Bevor mit Bahnregelung gefahren werden kann, sind in der Regel die Parameter sowie die Grenzwerte für Warnungen/Alarme und Anzeigen nach Tabelle 5.2.1 einzustellen. Abb. 5.2.4 verdeutlicht diese Parameter. Man unterscheidet

- den zuletzt passierten WPT *(FROM WAYPOINT)*,
- den vor dem Schiff liegenden WPT *(TO WAYPOINT)* und
- den danach folgenden WPT *(NEXT WAYPOINT)*

Wie oben bemerkt, ist die Kursregelung für die Dynamik (Stabilität und Regelgüte) der Bahnregelung zuständig, so dass die Einstellparameter Ruder, Gegenruder, Wetter, Genaugkeit/Ökonomie etc. und die Grenzwerte (Ruderwinkel, ROT, Kursabweichung, Kursüberwachung) des Kursreglers auch bei der Bahnregelung sorgfältig an die Veränderungen der Steuerparameter des Schiffes angepasst werden müssen (Einstellung „Parameter“ in Abb. 5.2.6, s. a. Kap. 5.1 und Tab. 5.2.1).

Parameter	Erläuterung
Beladung	Anpassung an Beladungsbedingungen (Kap. 5.1)
Ökonomie, Präzision	Steuerverhalten für ökonomische oder präzise Steuerung (Kap. 5.1)
Wetter/Gieren	Anpassung Gierfilter an Wetterbedingungen (Kap. 5.1)
Ruderbegrenzung (*rudder limit*)	Maximale Ruderlage für Bahnregelung
Grenzwert-Alarme	Bei Überschreitung eines eingestellten Grenzwertes (*limit*)
– Positionssensor-Überwachung (*Position monitoring alert*)	– zwischen aktivem (primärem) und sekundärem Positionssensor
– Kurssensor-Überwachung (*Heading monitoring alert*)	– zwischen aktivem (primären) und sekundärem Kurssensor
– Bahnabweichung (*Cross track alert*)	– zwischen aktueller Position und Sollbahn (CTD limit) (s. Abb. 5.2.3)
– Kursabweichung (*Course difference alert*)	– zwischen aktuellem Steuerkurs (heading) und Sollbahnkurs (*Off course limit*) (s. Abb. 5.2.3)
– Mindestgeschwindigkeit (*Low speed alert*)	– für die minimale Manövriergeschwindigkeit
– Bahn-Ende (*End of track alert*)	Auslösung 1 bis 5 min vor Passieren des letzten Wegpunkts
– Bahnregelung gestoppt (*Track control stopped alert*)	Ausfall des Bahnregelungssystems
Warnungen	
Frühzeitige Warnung vor Kursänderung *(Early course change warning, ECCW)*	Frühestens 6 min, spätestens 3 min vor Einleitung einer Kursänderung an der Ruderlegelinie (*Wheel over line/WOL*)
Aktuelle Warnung vor Kursänderung *(Actual course change warning, ACCW)*	Unmittelbar vor Beginn (30 s) der Kursänderung am *WOL*

Tabelle 5.2.1: Parameter und Grenzwerte für Warnungen und Alarme

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

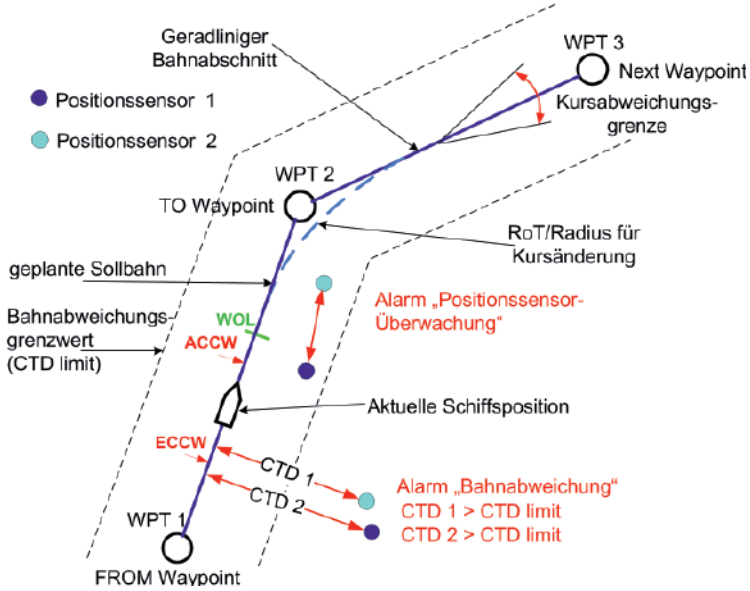


Abb. 5.2.4: Bezeichnungen, Grenzwerte und Warnungen: WPT (Wegpunkt), WOL (Ruderlegelinie), ECCW (Frühzeitige Kursänderungswarnung), ACCW (Aktuelle Kursänderungswarnung); CTD *(Cross track distance)*

(3) Start der Bahnregelung

Die geplante Sollbahn ist manuell an dem für die Bahnplanung verwendeten Eingabegerät (ECDIS, Radargerät, INS) als „aktivierte Sollbahn“ aufzurufen. Die Aktivierung setzt voraus, dass die Bahn durch den Nutzer auf Plausibilität und Korrektheit der geometrischen und schiffsabhängigen Grenzwerte überprüft wurde. Für ein sicheres Annäherungsmanöver an die aktivierte Sollbahn (Abb. 5.2.5)

- muss die Schiffsposition in einem Kanal – rechts und links von der Sollbahn – mit der Breite einer bestimmten „Bahnabweichungsgrenze“ (*CTD limit*) liegen (s. Anlagendokumentation),
- darf eine bestimmte „Kursabweichungsgrenze α“ (*Off course limit*) zwischen dem Steuerkurs *(Heading)* und dem Sollbahnkurs nicht überschritten werden,
- muss das Schiff ausreichend manövrierfähig sein.

Bevor diese Startbedingungen erreicht sind, ist mit Kursregelung oder Handsteuerbetrieb die Annäherung an die Sollbahn vorzunehmen. Sind die Startbedingungen erfüllt, kann der eigentliche Start der Bahnregelung erfolgen, wobei der Nautiker die Ansteuerung der Sollbahn initiiert über

- Ansteuern eines Bahnabschnittes auf der aktivierten Sollbahn (Bahn a in Abb. 5.2.5). Der Ansteuerwinkel α soll kleiner als die Kursabweichungsgrenze β sein (Richtwert: $\alpha \leq 0{,}5\ \beta$).
- die Festlegung einer temporären Bahn (b oder c in Abb. 5.2.5).

(4) Bahnregelung auf der aktivierten Sollbahn

Nachdem der Startvorgang erfolgreich abgeschlossen ist, wird das Schiff automatisch auf der „aktivierten Sollbahn“ geführt (Abb. 5.2.5). Nähert sich das Schiff der nächsten Ruderlage-Linie (*Wheel over line/WOL*), bei der das Kursänderungsmanöver eingeleitet wird, erfolgt bei der vorgewählten Zeit (z. B. 5 min) die *ECC*-Warnung, die zu quittieren ist. Quittiert der Wach-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

offizier nicht innerhalb von 30 s, so erfolgt spätestens 2 min 30 s vor der Ruderlegezeit (*Wheel over time/WOT*) ein Wechsel der Alarm-Priorität (*Alert priority*) von Warnung auf Alarm. Die kurz vor Erreichen der *WOL* (30 s) erfolgende *ACC*-Warnung ist ebenfalls innerhalb von 30 s zu bestätigen, ansonsten erfolgt nach 30 s wieder Wechsel von Warnung auf Alarm. Ist die *WOL* erreicht, erfolgt die automatische Ausführung des Kursänderungsmanövers des Schiffes entsprechend einer vorgegebenen Soll-Drehrate bzw. einem Soll-Drehradius oder bei *Full track control* positionsgesteuert.

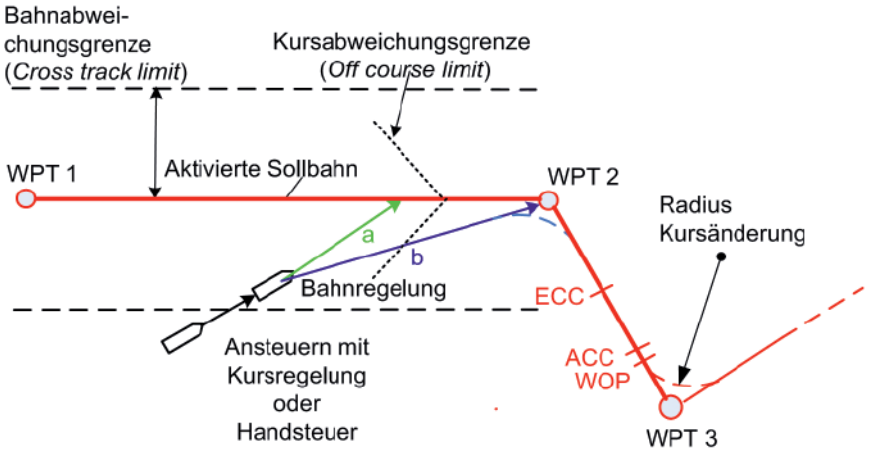


Abb. 5.2.5: Start der Bahnregelung: Die Bahnen a, b und c sind mögliche Ansteuerungswege

Zu beachten: Die geplante Kursänderung wird durch das Bahnregelungssystem auch ohne Quittierung der *ECC*- und *ACC*-Warnungen bzw. -Alarme ausgeführt, da die Bahnregelung grundsätzlich – solange keine Störungsmeldungen erfolgen – die geplante aktivierte Sollbahn einhält. Bei nicht erfolgender Bestätigung der *ACC*-Warnung innerhalb 30 s erfolgt der Wechsel der Alarmpriorität von Warnung auf Alarm. Wird auch der *ACC*-Alarm nicht quittiert, erfolgt innerhalb von 30 s nach dem Ruderlegen die automatische Auslösung des Hilfsnavigator-Alarms (*Back-up navigator alarm*), d. h. ein durch den Kapitän für die Rufbereitschaft eingeteilter Offizier muss auf der Brücke Hilfestellung geben. Soll das Kursänderungsmanöver nicht wie geplant ausgeführt werden, muss der Bahnregelungsmodus abgeschaltet und auf Handsteuer- oder Kursregelungsbetrieb übergegangen werden (s. Pkt. (8)).

Zwischen 1 min und 5 min vor dem Passieren des letzten Wegpunktes der aktiven Sollbahn wird der Alarm „Bahn-Ende“ ausgelöst. Das Bahnregelungssystem folgt dann – bis zur Übernahme durch den Nutzer – dem Bahnverlauf des letzten Bahnabschnittes oder behält den Kurs (*Heading*) des letzten Bahnabschnitts bei (siehe Anlagendokumentation). Erfolgt keine Bestätigung des Alarms innerhalb von 30 s, wird der Hilfsnavigator-Alarm ausgelöst.

(5) Datenanzeige

Ein typisches Display, mit dem der Bahnführungsprozess anschaulich überwacht werden kann, zeigt Abb. 5.2.6.

a) Folgende Daten müssen ständig und gut erkennbar angezeigt werden [5.2.2], z. B. durch Darstellung in einem zentralen Navigations-Datendisplay (*Conning display*), s. Abb. 6.1.4.

– **Steuerungsbetriebsart:** *Heading control, Course control, Track control*
– **Quelle (Sensoren):** Position, *Heading*, Geschwindigkeit mit Status und Fehlermeldungen

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- **Position und Fahrt:** Aktuelle Position, Bahnabweichung (*XTD*), Geschwindigkeit
- **Kurse:** Sollkurse zum TO WPT und NEXT WPT, aktuelles *Heading* und KÜG
- **Track-Daten:** Nummer und Name der aktivierten Bahn
- **WPT-Daten:** Nummer und Name des *FROM WPT, TO WPT* und NEXT WPT, Peilung und Distanz (WPB; WPD) sowie voraussichtliche Fahrtzeit (*TTG*) zum *TO WPT*.

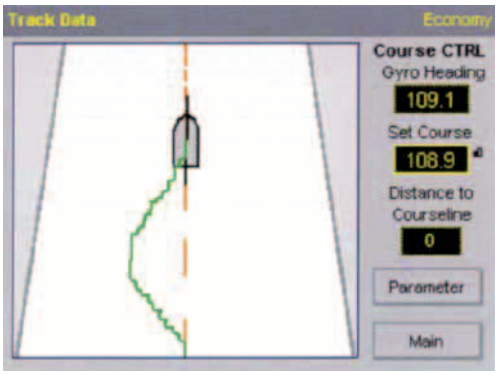


Abb. 5.2.6: Display Bahnregelung
Quelle: ©Raytheon Anschütz GmbH

b) Folgende Daten werden auf Anforderung angezeigt [5.2.2]: Vorgeplante WPTs mit Nummern, Koordinaten, Kursen und Distanzen zwischen WPTs, Drehradius und RoT, einstellbare Grenzwerte und Regelungsparameter, verwendetes geodätisches Datum.

c) **Optionale Daten:** Sailingmode (z. B. Loxodrome/Rhumb), Istruderwinkel, Wassertiefe unter Kiel, Wind etc.

(6) Routenmodifikation (Änderung von Wegpunkten)

Während eine aktivierte Sollbahn *(Primary track)* verfolgt wird, dürfen der *FROM*, *TO* und *NEXT WAYPOINT* sowie deren Begleitdaten (Drehrate, Drehradius) nicht geändert werden. An einer Kopie der geplanten Route *(Secondary track)* können jedoch Modifikationen vorgenommen werden, z. B. wenn einem Hindernis ausgewichen werden muss. Anschließend ist die modifizierte Route (gültig ab dem *TO WAYPOINT*) für die Bahnregelung zu aktivieren. Dabei sind die Startanforderungen nach Pkt. (3) einzuhalten.

(7) *Override*-Funktion

Der Bahnreglerbetrieb kann jederzeit mittels *Override*-Einrichtung beendet werden, um auf Kursreglerbetrieb (dann Sollkursvorgabe!) oder Handsteuerbetrieb überzugehen.

(8) Manuelle Umschaltung von Bahnregel- auf Kursregelbetrieb

Als Standardlösung [5.2.2] wird sowohl bei der Fahrt auf einem geraden Bahnabschnitt als auch bei einem gerade ausgeführten Kursänderungsmanöver (*Curved path*) der aktuell anliegende Kurs (*Heading*) als Sollkurs übernommen. Darüber hinaus darf der Nutzer – aber nur nach Beginn eines Kursänderungsmanövers – auswählen, ob das Manöver vollständig ausgeführt und der KüG des nächsten geradlinigen Bahnabschnitts als Sollkurs für den Kursregler vorgegeben wird, wobei diese Wahl mit eindeutiger Anzeige erfolgen muss.

(9) Manuelle Umschaltung von Bahnregelbetrieb auf manuelle Steuerung

Die Umschaltung ist bei jedem Ruderwinkel möglich.

(10) Rückfallpositionen (*Fall back arrangements*)

Rückfallpositionen gewährleisten beim Auftreten von Fehlerfällen (*Failure of track control, of Position sensor, of Heading sensor, of Speed sensor*) [5.2.2] einheitliche und sichere Systemzustände. Beim Ausfall der Bahnregelung wird ein Alarm „Bahnregelung gestoppt" ausgelöst. Es wird automatisch auf Kursregelung (*Heading control*) umgeschaltet und zwar

- auf geradem Bahnabschnitt mit Übernahme des aktuellen Kurses als Sollkurs,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– auf gekrümmtem Bahnabschnitt durch Fortsetzung der Kursänderung und anschließende Übernahme des KüG des nächsten geraden Bahnabschnitts als Sollkurs.

Zu beachten: Bei den Umschaltvorgängen nach Pkt. (6, 7, 8, 9) müssen bei der Rückkehr zur Bahnregelung die Startbedingungen Pkt. (3) beachtet werden.

5.2.3 Leistungen und Leistungsgrenzen

(1) Leistungsmerkmale

Bordtests und Herstellerangaben zeigen, dass mit einem gut parametrisierten Bahnregler ein Schiff mit einer mittleren Querabweichung von etwa +/- 10 m auf geraden Bahnen und +/-20 m auf Kurvenbahnen bezüglich der Sollbahn geführt werden kann.

(2) Abhängigkeit von der Positionsbestimmung

Positionsfehler der verwendeten Satellitenortungsempfänger (Kap. 4.1) wirken sich voll auf die Größe der Bahnabweichung der Bahnregelung aus. Es empfiehlt sich daher die Verwendung von DGPS- bzw. EGNOS/SBAS-Empfängern mit einer erreichbaren Positionsgenauigkeit von einigen Metern (bei *C/A-Code*-Auswertung).

Für Bahnregelungen mit höheren Genauigkeitsanforderungen (automatisches Anlegen, dynamische Positionierung) können im RTK-Betrieb Positionsgenauigkeiten im dm- bis cm-Bereich erzielt werden. Durch die Verwendung von Multi-Frequenz-GNSS-Empfängern, die Satelliten unterschiedlicher GNSS (GPS/GLONASS/COMPASS/GALILEO, SBAS) gleichzeitig empfangen können, verringert sich die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls von Positionsdaten und die Positionsgenauigkeit kann erhöht werden (kleineres HDOP!).

Vorteilhaft ist die Stützung der Satellitenortung durch Ortungssysteme, die nach anderen Funktionsprinzipien arbeiten (z. B. *Loran C*, *low cost*-Inertialsensoren) mit integrierter Positionsdatenverarbeitung über Schätzfilter (Kalman-Filter).

(3) Notwendige Kenntnisse der Wachoffiziere

Zu beachten: Wachoffiziere müssen die in der Anlagendokumentation vorgeschriebenen Prozeduren für die Ausführung von Kursänderungsmanövern, für die Umschaltung vom Bahnregelungsbetrieb auf Kursregelungs- und Handsteuerbetrieb sowie für die Umschaltung von Steuerständen beherrschen. Mit Fehlerszenarien der Bahnregelung, zugehörigen Alarmen und Rückfallpositionen sollte man sich unbedingt vertraut machen. Die zur Nutzung der Kursregelung gegebenen Hinweise (s. Kap. 5.1) gelten auch für die Bahnregelung.

Weiterentwicklung: Trends sind Mehrgrößen-Bahnregelungssysteme für Schiffe mit modernen Manövrierorganen (*AziPod*, Strahlruder, Ruderpropeller, *Thruster*) und die Messung und Kompensation externer Störgrößen, z. B. der Strominformation an Hafenzufahrten mit ADCP-Stromsensoren (Kap. 3.3.3).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

6 Übergreifende Systeme

6.1 Integrierte Navigationssysteme (INS) und *Alert Management*

Bernhard Berking

Die Integrierten Navigationssysteme (INS) der neuen Generation integrieren

- navigatorische Aufgabenbereiche (z. B. Routenüberwachung und Kollisionsverhütung),
- navigatorische Funktionen (z. B. Ortsbestimmung, Objektidentifizierung, Reiseplanung),
- Navigationssensoren (z. B. Radar, ECDIS, GPS und andere Sensoren) und
- Daten (z. B. Sensorwerte, Radar- und AIS-Zieldaten, ECDIS-Objekte, Referenzobjekte).

Ein INS erhöht die Sicherheit der Navigation durch zentralisierten Zugang zu allen Navigationsinformationen, durch interne Überwachung der Qualität aller Daten und Prozesse, durch verbesserten Gesamtüberblick und Kontrolle des Navigationsprozesses, durch ein sinnvolles Alarmmanagement und Verminderung der Arbeitsbelastung der Wachoffiziere. Die Datenintegration erzeugt nicht mehr, sondern bessere Daten. Defizite einzelner Systeme können identifiziert werden, was zur navigatorischen Sicherheit erheblich beitragen kann. Zwei Beispiele: Die ECDIS-Radar-Integration ermöglicht u. a. die Erkennung eines GPS-Positionsfehlers oder Kursfehlers. Die AIS-Radar-Integration führt u. a. zu verbesserten Daten für die Kollisionsverhütung.

6.1.1 Integrierte Navigationssysteme (INS)

(1) INS-Aufgabenbereiche, Funktionen und Arbeitsplätze

Wesentliches Element eines INS sind die „Aufgabenbereiche". Beispiele für Aufgabenbereiche sind: **Routenplanung** (*Route planning*), **Routenüberwachung** (*Route monitoring*), **Kollisionsverhütung** (*Collision avoidance*), **Informationen für die Bahnregelung** (*Navigation control data*), **Daten- und Statusanzeige** (*Status and data display*) und **Alarmmanagement** (*Alert*

Abb. 6.1.1: INS mit verschiedenen Arbeitsplätzen für aufgabenorientierte Anwendungen *(SAM)*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

management). Ein Navigationssystem wird nur dann als INS anerkannt und zugelassen, wenn es mindestens die beiden Aufgabenbereiche **Routenüberwachung** und **Kollisionsverhütung** enthält. Außerdem enthält jedes INS ein *Alert Management* und Zugriff auf die *Navigation Control data* für die Funktionen der manuellen, ggf. auch der automatischen Kurs- und Bahnregelung.

Die „Aufgabenbereiche" werden einer zu definierenden Anzahl von „multi-funktionalen Arbeitsplätzen" zugewiesen, auf denen die verschiedenen navigatorischen Aufgaben vom Nautiker ausgeführt werden (Abb. 6.1.1). Der Aufgabenbereich Kollisionsverhütung enthält als Grundlage u. a. die Anzeige- und Bedieneinheit eines Radars, der Aufgabenbereich Routenüberwachung u. a. die Anzeige- und Bedieneinheit eines ECDIS. Der Navigationsprozess findet an einem zentralen Ort auf der Brücke statt.

INS unterscheiden sich in Art und Umfang. Die kompakteste Version ist die „Cockpit-Brücke". Die Anzahl der multifunktionalen Arbeitsplätze hängt von den integrierten Aufgabenbereichen ab. Sie muss mindestens die gleichzeitige Nutzung aller integrierten Aufgabenbereiche erlauben sowie die Ausrüstungsvorschriften und die Anforderungen an ein sicheres *Back-up* erfüllen. Für die Aufgabenbereiche Routenüberwachung, Kollisionsverhütung und *Navigation control* steht stets ein eigener Arbeitsplatz zur Verfügung. Die Arbeitsbereiche Routenplanung, Status- und Datenanzeige und die zentrale Nutzerschnittstelle für das Alarmmanagement müssen – von der Brückenbesatzung oder dem Lotsen – auf mindestens einem Arbeitsplatz

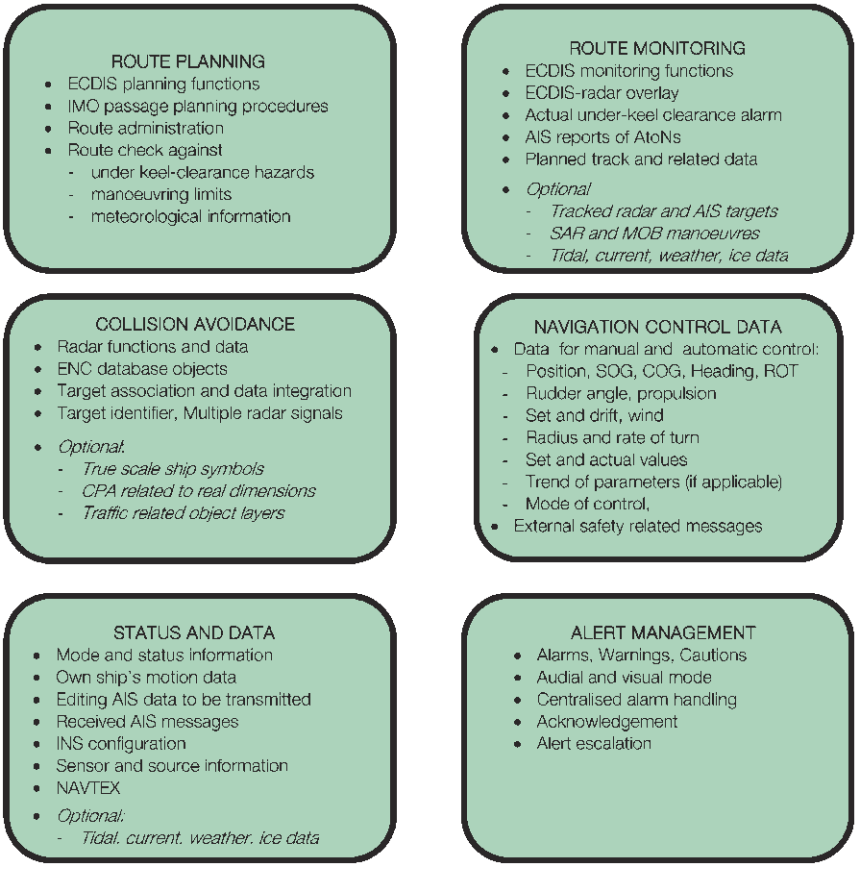

ROUTE PLANNING
• ECDIS planning functions
• IMO passage planning procedures
• Route administration
• Route check against
- under keel-clearance hazards
- manoeuvring limits
- meteorological information
ROUTE MONITORING
• ECDIS monitoring functions
• ECDIS-radar overlay
• Actual under-keel clearance alarm
• AIS reports of AtoNs
• Planned track and related data
• Optional
- Tracked radar and AIS targets
- SAR and MOB manoeuvres
- Tidal, current, weather, ice data
COLLISION AVOIDANCE
• Radar functions and data
• ENC database objects
• Target association and data integration
• Target identifier, Multiple radar signals
• Optional:
- True scale ship symbols
- CPA related to real dimensions
- Traffic related object layers
NAVIGATION CONTROL DATA
• Data for manual and automatic control:
- Position, SOG, COG, Heading, ROT
- Rudder angle, propulsion
- Set and drift, wind
- Radius and rate of turn
- Set and actual values
- Trend of parameters (if applicable)
- Mode of control,
• External safety related messages
STATUS AND DATA
• Mode and status information
• Own ship's motion data
• Editing AIS data to be transmitted
• Received AIS messages
• INS configuration
• Sensor and source information
• NAVTEX
• Optional:
- Tidal. current. weather. ice data
ALERT MANAGEMENT
• Alarms, Warnings, Cautions
• Audial and visual mode
• Centralised alarm handling
• Acknowledgement
• Alert escalation

Abb. 6.1.2: Wesentliche Funktionen der Aufgabenbereiche eines INS [6.1.1]

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

verfügbar gemacht werden können. Die Aufgabenbereiche umfassen die jeweils zugehörigen Funktionen für die Bedienung und Anzeige und werden mit den entsprechenden Daten versorgt. Abb. 6.1.2 zeigt die wesentlichen Funktionen der Aufgabenbereiche nach IMO [6.1.1].

(2) Integration und Optimierung von Informationen

Ein INS überwacht alle in ihm auftretenden navigatorischen Informationen auf Genauigkeit, Gültigkeit, Plausibilität und Aktualität. Jede Information geht vor ihrer Anzeige oder Verwendung im System durch einen Integritätsüberwachungsprozess, um ihre Integrität und Eindeutigkeit sicherzustellen. In einem INS treten navigatorische Größen wie Position, Kurs und Fahrt mehrfach auf, wobei sie aus verschiedenen Quellen stammen und mit unterschiedlichen Messverfahren ermittelt wurden. Beispiele: Für die Fahrt über Grund (SOG) gibt es einen Wert vom Dolog (Kap. 4.1.5) und einen solchen vom GPS-Empfänger. Sowohl das Radar als auch das AIS liefern Werte für die Zieldaten anderer Schiffe (CPA u. a.). Der Integrationsprozess stellt sicher, dass im System jeweils nur ein Wert vorhanden ist und verwendet wird. Zudem werden aus den Sensorwerten Sekundärinformationen gebildet (COG und SOG aus GPS-Positionen; Zielbewegungsdaten aus früherem und aktuellem Messwert). Von besonderer Bedeutung ist, dass ein einheitliches konsistentes Bezugssystem (*Consistent common reference system; CCRS*) für die verschiedenen Informationen verwendet wird, insbesondere

- ein gemeinsamer Bezugspunkt (*Consistent common reference point*) für die Positionen von Antennen und Sensoren, Abstände und Peilungen,
- systemweit einheitliche Daten (Zeit, Position, Kurs, Fahrt etc.) und
- gemeinsame Grenzwerte (z. B. für Radar- und AIS-Alarme und die Datenassoziation).

Die Integritätsüberwachung beinhaltet eine intelligente Sensorüberwachung, überprüft alle navigatorisch relevanten Werte, vergibt Gültigkeitsmarken, wählt – wenn möglich – die besten Werte aus, erzeugt entsprechende Alarme und verhindert, dass Werte ohne Gültigkeitsmarken für automatische Regelungsprozesse wie Kurs- und Bahnregelung benutzt werden. Der Informationsfluss und die Informationsaufbereitung der relevanten Daten sind in Abb. 6.1.3 dargestellt.

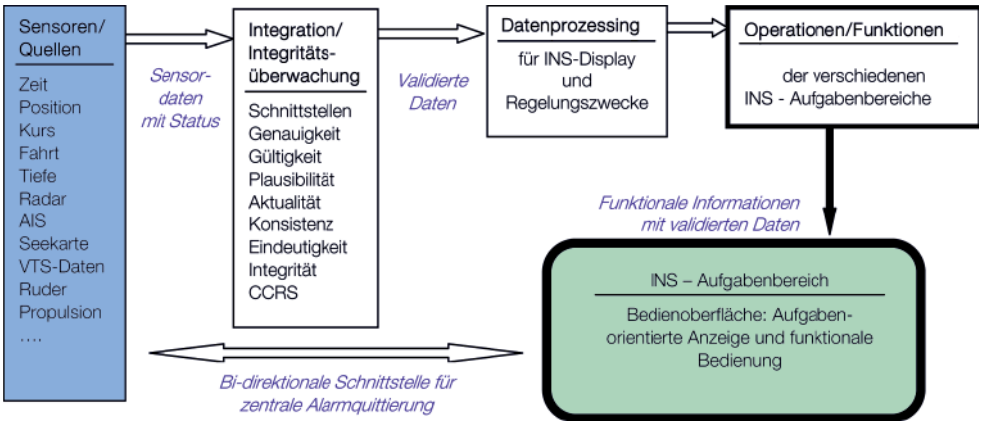


Abb. 6.1.3: Informationsfluss im INS, Datenintegrität und aufgabenbezogene Bedienung

(3) Bahnregelung

Wenn die manuelle oder automatische Bahnregelung integriert ist, kann die geplante Route sowohl auf dem Arbeitsplatz „Routenüberwachung“ als auch auf dem Arbeitsplatz „Kollisions-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

verhütung“ angezeigt und die Führung des Schiffes von einem dieser beiden Arbeitsplätze aus durchgeführt werden. Bei automatischer Führung sollen notwendige Eingriffe nur an einem der Arbeitsplätze, der deutlich dafür gekennzeichnet ist, vorgenommen werden können. Wenn der Wachoffizier die Führung an einen anderen Arbeitsplatz übergibt, bleiben alle eingestellten Soll- und Grenzwerte unverändert. Durch einen *Override* kann jede automatische Funktion – unabhängig von der Steuerart und vom Zustand des INS – abgebrochen werden. Eine Wiederaufnahme ist nur nach Freigabe durch den Wachoffizier möglich. Dieser hat dabei alle Startbedingungen zu beachten. Der Wachoffizier kann alle für den jeweiligen Kontrollmodus relevanten Informationen kontinuierlich anzeigen lassen. Dieses geschieht auch automatisch, wenn die Kontrollfunktion aktiviert wird oder sich ändert. Abb. 6.1.4 zeigt eine typische Anzeige des Aufgabenbereiches *Navigation control data* mit den relevanten Soll- und Ist-Werten.

Wie ein Vergleich mit Abb. 5.2.5 zeigt, entspricht diese Anzeige dem *Conning Display* der Bahnregelung (Kap. 5.2).

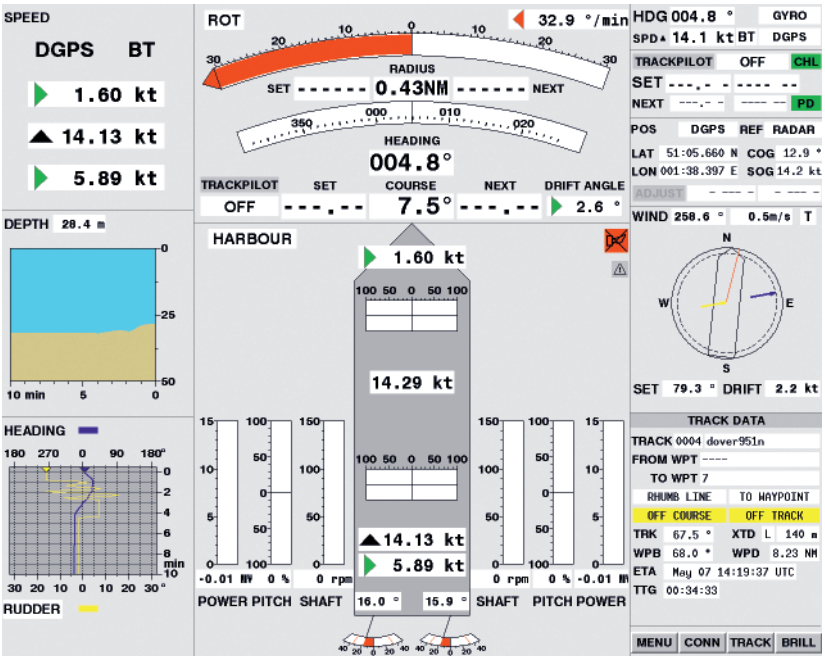


Abb. 6.1.4: Aufgabenbereich *Navigation control data* für die Bahnregelung *(SAM Electronics)*

(4) Redundanz und Rückfallpositionen im INS

Für ein komplexes INS mit einer variablen Anzahl von Aufgaben und Arbeitsplätzen sind im Fall auftretender Systemfehler differenzierte Lösungen hinsichtlich redundanter Ausrüstung, Übernahme einer Aufgabe bzw. Funktion durch andere Arbeitsplätze, Übernahme von primären Sensorwerten von anderen Sensoren, Verminderung der Funktionalität und Unabhängigkeit der Teilsysteme voneinander notwendig. Die situationsgerechte Lösung hängt weitgehend von den integrierten Teilsystemen des INS und deren Redundanzvorschriften ab.

Das Bedienhandbuch eines zugelassenen INS enthält die notwendigen Informationen, insbesondere über Konfiguration und Funktionszuordnung des INS, das Redundanzkonzept, mögliche Fehler und ihre Auswirkungen, Einstellung von Alarmgrenzen sowie Probleme mit

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

verschiedenen Referenzsystemen, Qualitätskennzeichnung von Daten (Valid; Doubtful; Invalid) und Prozeduren zum Override der automatischen Funktionen im Notfall. Für jedes INS ist über das Bedienhandbuch hinaus Material zum Vertrautmachen mit der INS-Anlage an Bord (INS Familiarization) verfügbar, z. B. Simulatorfunktionen oder weitere elektronische oder gedruckte Medien.

6.1.2 *Alert Management*

Anmerkung: Im Folgenden steht der neue übergreifende Begriff *Alert* für den bisher üblichen Begriff „Alarm". Ein „Alarm" ist nur einer der möglichen *Alerts* (s. u.).

Man muss unterscheiden zwischen

- dem *Alert Management*, wie es für INS verbindlich und bereits auf Schiffen eingeführt ist, und
- einem derzeit eingeführten *Bridge Alert Management (BAM)*, das zukünftig alle Navigationsgeräte auf der Brücke betreffen soll.

(1) *Alert Management* als Teil eines INS

Das *Alert Management* betrifft alle *Alerts* innerhalb des INS, seiner Module und der angeschlossenen Sensoren. Es reduziert die *Alert*-Belastung für den Wachoffizier dadurch, dass es die Priorität, die Verteilung, die Präsentation und die Behandlung (*Handling*) aller *Alerts* regelt. In der Praxis hat das *Alert Management* den Zweck, jede auftretende *Alert*-Situation unmittelbar zu identifizieren, mehrfache und überflüssige optische und akustische *Alerts* zu vermeiden, die Dringlichkeit eines *Alerts* gegenüber anderen hervorzuheben, Entscheidungen für situationsgerechte Maßnahmen zu erleichtern und *Alerts* auf einfache Weise zu handhaben, z. B. zu quittieren.

Mit Hilfe des *Alert Managements* gibt es in der Regel für eine Situation nur einen einzigen *Alert*. Die akustische Signalisierung des *Alerts* lässt erkennen, welcher Aufgabenbereich (Arbeitsplatz) für den jeweiligen (spezifischen) *Alert* verantwortlich ist. Die Bedienung des *Alert Managements* (Quittierung, Test des Systems) erfolgt in dem zentralen Aufgabenbereich (Arbeitsplatz) *Alert Management*, der mindestens am Navigations- und Manövrierarbeitsplatz zur Verfügung steht. Darüber hinaus treten *Alerts* auch in den zugehörigen Arbeitsbereichen auf, wo sie sinnvollerweise quittiert werden, z. B. der CPA-*Alert* im Aufgabenbereich Kollisionsverhütung. Die *Alert*-Aufzeichnung wird für mindestens 24 Stunden gespeichert.

Prioritäten und Kategorien: *Alerts* sind klassifiziert nach den Prioritäten:

- **Alarm** (*Alarm*): aktuell; sicherheitsrelevant; sofortiges Eingreifen erforderlich,
- **Warnung** (*Warning*): keine momentane, aber möglicherweise zukünftige Gefahr,
- **Vorsicht** (*Caution*): Hinweis auf eine außergewöhnliche Situation.

„Alarme" werden akustisch (ggf. auch durch Sprachausgabe) und visuell (mit relevanten Details) angezeigt. Alarme müssen quittiert werden. Die visuelle Darstellung von Alarmen blinkt, bis der Alarm quittiert ist, und wird nicht blinkend angezeigt, wenn der Alarm quittiert ist. Der quittierte Alarm bleibt bestehen, bis die Alarmursache behoben ist. Die akustische Signalisierung des Alarms verstummt mit der Quittierung. Sie kann zwar kurzzeitig unterdrückt werden, wird aber, wenn der Alarm nicht innerhalb von 30 s quittiert wird, erneut ausgelöst.

„Warnungen" werden visuell dargestellt und zeitlich begrenzt akustisch signalisiert. Sie müssen quittiert werden. Die visuelle Darstellung von Warnungen blinkt, bis die Warnung quittiert ist, und wird nicht blinkend angezeigt, wenn die Warnung quittiert ist. Auch die quittierten Warnungen bleiben bestehen, bis die Ursache für die Warnung behoben ist.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

„Vorsicht“-Anzeigen erfolgen nur visuell (nicht blinkend). Sie müssen nicht quittiert werden und verlöschen, wenn die Ursache behoben ist.

„Alerts“, für deren Beurteilung grafische Informationen notwendig sind, werden auf dem Arbeitsplatz der auslösenden Funktion akustisch signalisiert und können auch nur dort quittiert werden (z. B. CPA-*Alert* auf dem Arbeitsplatz für Kollisionsverhütung). Für *Alerts*, für deren Beurteilung keine weiteren Informationen benötigt werden, kann die zentrale Nutzerschnittstelle die akustische Signalisierung übernehmen. Diese *Alerts* können dort auch quittiert werden.

***Alert*-Eskalierung:** Wird innerhalb des INS ein „Alarm“ nicht quittiert, wird er nach einer Zeit, die der Nutzer definieren kann oder die in den Regularien der IMO festgelegt ist, zusätzlich an das Bridge Navigation Watch Alarm System (BNWAS) weitergereicht. Wird eine „Warnung“ nicht quittiert, wird sie – nach einer entsprechenden Zeit – zu einem „Alarm“ hochgestuft. Möglicherweise sind für einzelne integrierte Navigationsgeräte individuelle Vorgaben zu beachten.

(2) *Bridge Alert Management (BAM)*

Das *Bridge Alert Management (BAM)* soll nicht nur für ein INS, sondern für alle eingebauten Geräte und Systeme gelten, die *Alerts* auf der Brücke hervorrufen. Das *BAM* stellt ein übergeordnetes Konzept für Management und Behandlung sowie die harmonisierte Anzeige, Darstellung und Verteilung von *Alerts* auf der Brücke dar. Es soll die Aufmerksamkeit der Brückenbesatzung auf Alarmsituationen lenken, die Situation klar definieren, die Dringlichkeit und Priorität des Alarms einstufen und die Schiffsbesatzung bei der Alarmbehandlung unterstützen. Für eine kritische Situation soll es nicht mehr als einen Alarm geben.

Ähnlich (aber nicht ganz identisch) versteht man beim *BAM* unter einem *Alert* ein Ereignis, das unnormale Situationen und Bedingungen ankündigt, welche Aufmerksamkeit erfordern. Es gibt die Kategorien:

- Notalarm (*emergency alarm*)
- Alarm (*alarm*)
- Warnung (*warning*)
- Vorsicht (*caution*)

Das zentrale *Central Alert Management (CAM)* ist eine Funktionalität des *BAM*. Der Benutzer hat Zugriff auf das *Alert Management* durch die Bedienoberfläche *Central Alert Management – Human Machine Interface (CAM-HMI)*, welche – visuell und/oder akustisch – der Alarmdarstellung dient. Diese Benutzerschnittstelle soll mindestens auf den Workstations für Navigation und Manövrieren und möglichst auf der Workstation für Überwachung (Monitoring) verfügbar sein (vgl. Abb. 6.1.2). Außerdem erfolgt die Kommunikation von *Alert*-Zuständen zwischen *CAM-HMI* und Navigationsgeräten bzw. Sensoren über das *CAM*.

Die in Kap. 6.1.2 dargestellten Ziele und Funktionalitäten für das *Alert Management* im INS werden auch im *Bridge Alert Management (BAM)* konkretisiert. Wenn auf einem Schiff ein INS installiert ist, werden – nach den Leistungsnormen (*Performance Standards*) für das *BAM* [6.1.2] – alle alarm-relevanten Funktionen des INS in das *BAM* aufgenommen und die Benutzerschnittstellen des INS und das *CAM-HMI* vereinigt.

Ausrüstungsvorschrift: Derzeit (2016) gibt es keine Ausrüstungspflicht für *BAM*, sie werden sukzessive eingeführt: Bei der Überarbeitung der *Performance Standards* für die einzelnen Systeme und Geräte sollen die relevanten Anforderungen aus dem *BAM* verbindlich in den Standard aufgenommen werden, sodass neue Geräte sich in das Konzept einfügen. Außerdem hat die EU die Erfüllung der *BAM*-Leistungsanforderungen für die Zertifizierung (MED, Annex A.1) vorgegeben.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

6.1.3 Ersatz von Einzelgeräten durch INS

Traditionell wird die Navigation mit „Geräten“ wie GPS-Empfänger, Kompass, Radargerät und ECDIS-Anlage durchgeführt. Im INS hingegen wird die Navigation in komplexe praxisnahe Aufgabenbereiche wie Routenüberwachung und Kollisionsverhütung eingeteilt. Dabei werden für diese Aufgaben die verfügbaren und notwendigen Funktionen der genannten Einzelgeräte genutzt. Da also das INS durch seine Aufgabenbereiche die Aufgaben der Einzelgeräte übernimmt, kann im Umkehrschluss – unter bestimmten Bedingungen – ein INS die einzelnen Navigationsgeräte ersetzen. Beispiele:

- Wenn das INS für den integrierten Aufgabenbereich Kollisionsverhütung die relevanten Module der *IMO Performance Standards* für INS und Radar erfüllt (Sensor und Zielentdeckung, operationelle Anforderungen, technische Anforderungen), kann das INS als Einzelgerät **„Radar“** anerkannt werden und dieses ersetzen.
- Wenn das INS für die integrierten Aufgabenbereiche Routenplanung und Routenüberwachung die relevanten Module der *Performance Standards* für INS und ECDIS (Data base, operationelle Anforderungen, funktionale Anforderungen) erfüllt, kann ein INS als **ECDIS** anerkannt werden und dieses ersetzen.
- Ebenso kann das INS als Kursregler, Bahnregler oder als Anzeigegerät für das Positionsbestimmungssystem (GPS), AIS, Echolot, Kompass und Log anerkannt werden.

Als Folge werden die einzelnen Navigationssysteme wohl als externe Sensoren (*Black box*) eine wichtige Rolle spielen, auf der Brücke werden jedoch selbständige (*stand-alone*) Radargeräte oder ECDIS-Anlagen nicht mehr zu finden sein. Sie sind durch INS ersetzt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

6.2 E-Navigation

Michael Bergmann, Hans-Heinrich Callsen-Bracker, Florian Motz

Die Zunahme der sicherheitsrelevanten und administrativen Aufgaben und der zu verarbeitenden Informationsmenge in Zeiten einer schnellen technologischen Entwicklung erhöht zusehends die Komplexität der Schiffsführung und macht die Aufgaben des Kapitäns und des Wachoffiziers eines Schiffes noch anspruchsvoller.

Mit der Initiative „e-Navigation" (e-Nav) sollen die notwendigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zur Unterstützung der Schiffsführung durch die verstärkte Nutzung elektronischer Mittel entwickelt werden. Dafür sollen die notwendigen schiffseitigen Voraussetzungen geschaffen und die landseitigen Infrastrukturen weiterentwickelt, angepasst und, soweit notwendig, international harmonisiert werden. Durch eine verbesserte Kommunikation Schiff/Land und internen Datenaustausch der Systeme an Bord, an Land sowie durch die Nutzung moderner Technologien wird eine genauere und zuverlässigere Situationswahrnehmung bei allen Beteiligten angestrebt.

Ausgangspunkt und rechtliche Grundlage ist im Wesentlichen das Kapitel V von *SOLAS* [6.2.1], das alle wesentlichen Bereiche der Schiffsführung, einschließlich der nautischen Instrumente, Geräte und Systeme sowie die allgemeinen Anforderungen hierzu regelt. Einige wesentlichen Bausteine für die Realisierung von e-Nav sind bereits vorhanden, z. B. die bestehenden Systeme GPS, GLONASS, AIS, ECDIS, INS, NAVTEX. Auf diesen baut e-Nav auf.

6.2.1 Vision, Ziele und Möglichkeiten

Die IMO hat e-Navigation definiert als „die harmonisierte Bereitstellung, die Integration, den Austausch sowie die Darstellung und Analyse maritimer Informationen an Bord und an Land mit elektronischen Mitteln zur Verbesserung der Navigation und unterstützender Dienste mit dem Ziel der Erhöhung der Sicherheit auf See und dem Schutz der Maritimen Umwelt" [6.2.2].

Die e-Navigation-Vision der IMO besteht aus den folgenden drei Bausteinen:

- **Bordseitig:** Navigationssysteme mit hohem Integrationsgrad der verarbeiteten Sensorinformationen und unterstützenden Informationen von der Landseite sowie einheitlichen konsistenten Bedienoberflächen.
- **Landseitig:** Verbesserte Bereitstellung von Informationen und Verkehrsmanagement durch effizientere Koordination und Austausch von Daten.
- **Kommunikation:** Gewährleistung eines sicheren, robusten und – soweit möglich – fehlerfreien Informationsaustauschs durch eine verbesserte Kommunikationsinfrastruktur.

Wesentlich ist hierbei, dass den Fähigkeiten des Menschen angepasste Aufgaben und Prozesse sowie eine einfache den menschlichen Wahrnehmungsfähigkeiten angepasste Informationsdarstellung der technischen Systeme entwickelt und eingeführt werden. Dafür wurden folgende Ziele von e-Nav spezifiziert:

- Unterstützung der sicheren Navigation von Schiffen unter Berücksichtigung von hydrografischen und meteorologischen Informationen, Navigationsinformationen und möglichen Risiken;
- Unterstützung der Verkehrsbeobachtung und des Verkehrsmanagements von Land, wo dies erforderlich ist;
- Verbesserung der Kommunikation einschließlich Datenaustausch Schiff–Schiff, Schiff–Land, Land–Schiff und Land–Land;
- Effizienzsteigerung innerhalb der Transportkette;
- Unterstützung effektiver Organisationsstrukturen für Notfallmaßnahmen sowie SAR;

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Definition von Genauigkeits-, Integritäts- und Verlässlichkeitsanforderungen,
– Integration und Präsentation von Informationen an Bord und an Land zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses;
– Integration von Training in den Entwicklungs- und Einführungsprozess von Systemen;
– Skalierbarkeit der Systeme zur Unterstützung aller Beteiligten.

Der Prozess zur Implementierung von e-Navigations-Lösungen basierte auf einer Analyse und Spezifizierung von Nutzeranforderungen sowie Kosten-Nutzen- und Risikoanalysen nach den Vorgaben der IMO.

6.2.2 Realisierungsaktivitäten von e-Nav

Um den Austausch von Daten zwischen den verschiedenen Systemen an Bord sowie den Austausch von elektronischen Informationen und Daten zwischen Schiffen und Land zu verbessern, sieht die IMO-e-Navigations-Strategie [6.2.3] zunächst fünf e-Schwerpunkte vor:

– verbessertes, harmonisiertes und nutzerfreundliches Brückendesign;
– standardisiertes und automatisiertes Meldewesen;
– verbesserte Zuverlässigkeit, Ausfallsicherheit und Integrität von Brückenausrüstung und Navigationsinformationen;
– Integration und grafische Darstellung von verfügbaren Informationen, die über Kommunikationssysteme ausgetauscht wurden;
– verbesserte Datenübertragung von VTS Service Portfolios.

Zur Entwicklung und Implementierung von e-Navigation (2016–2019) werden von der IMO im Wesentlichen Richtlinien und Anforderungen für die Harmonisierung bzw. Standardisierung in folgenden Bereichen erstellt [6.2.4], [6.2.5]:

– Brückendesign und Darstellung von Navigationsinformationen (insbesondere für solche, die über Kommunikationssysteme ausgetauscht werden);
– standardisierte Bedienmodi für die Bedienung von Geräten (S-mode);
– das Schiffsmeldewesen;
– Kommunikationssysteme als Teil des GMDSS;
– übergreifende Integritätstests für Navigationsausrüstung [6.1.1].

Ein wesentlicher Baustein für die Umsetzung von e-Nav sind die Leistungsanforderungen für INS [6.1.1], die eine aufgabenorientierte Integration und Darstellung von Informationen ermöglichen. Viele e-Navigation-Aspekte sind hier bereits zusammengefasst, wie z. B. die Integration von NAVTEX, Tiden- und Strömungsinformationen sowie Wetterinformationen im Navigationsbereich. Die Leistungsanforderungen für INS können im Hinblick auf e-Navigation ergänzt werden.

Ein wesentlicher Aspekt der e-Navigation für die Bordseite ist die Darstellung und Integration von Informationen, die über Kommunikationssysteme ausgetauscht werden. Hierfür ist eine ganzheitliche übergreifende bordseitige Brückenarchitektur unter Einbeziehung der Kommunikationssysteme notwendig, die dem Nautiker an Bord die Informationen aufgabengerecht präsentiert. Dies erfordert Standardisierung, einheitliche und eindeutige Informationsdarstellung und Bedienkonzepte, keine Informationsüberflutung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

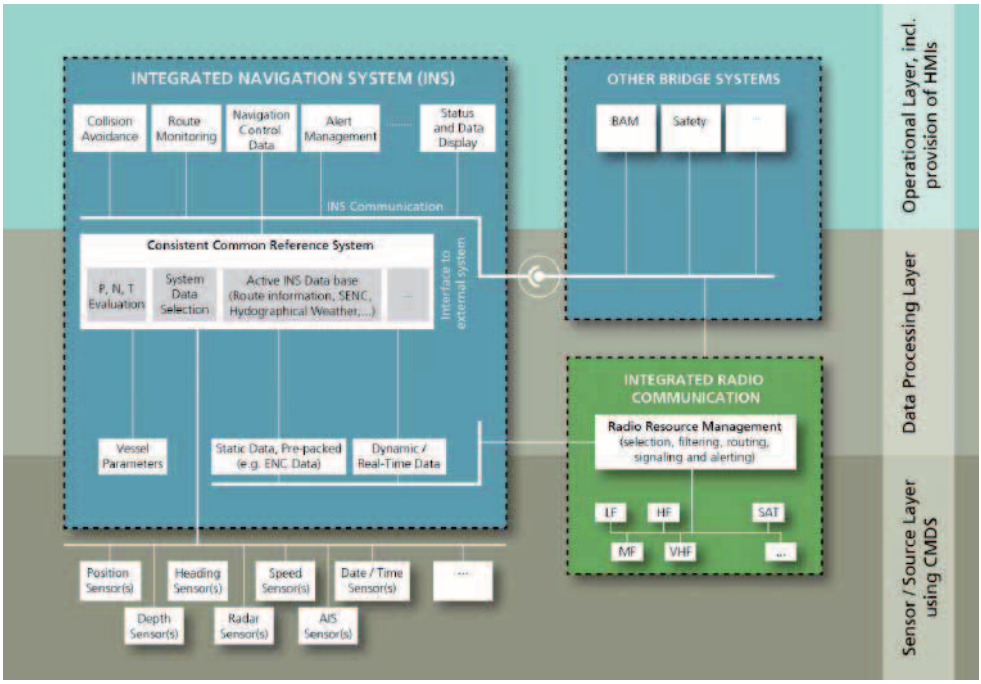


Abb. 6.2.1: E-Nav-Brücke mit Komponenten für INS, Kommunikation und anderen Brückensystemen
Quelle: [6.2.6]

Eine bordseitige Brückenarchitektur (Abb. 6.2.1) mit INS als Kernelement umfasst im Wesentlichen

- das INS mit den Aufgaben (z. B. *Collision Avoidance*, *Route Monitoring*) und den mit dem INS verbundenen bordseitigen Sensoren (z. B. Positionssensoren, …),
- weitere Brückensysteme (*Bridge Alert Management/BAM)*, Sicherheitssysteme, …) und
- ein Modul zur Kommunikation mit dem Kernelement des *Radio Resource Management*, mit welchem ein- und ausgehende Daten – entsprechend den zur Verfügung stehenden Kommunikationssystemen – ausgewählt, gefiltert und den entsprechenden bordseitigen Systemen zugeordnet werden.

Die Architektur gibt einen Überblick über die Sensoren, die Informationsverarbeitung bis hin zur Darstellung der Informationen entsprechend den Ebenen *Sensor/Source Layer, Data Processing Layer* und *Operational Layer* inkl. *HMI*.

Ausblick: Die Zukunft von e-Nav, insbesondere Art und Umfang des praktischen Einsatzes, ist derzeit (2016) offen. Neben den Arbeiten der IMO laufen Aktivitäten für eine Rahmenarchitektur für landseitige Aspekte (IALA) und für eine neue „Allgemeine Maritime Datenstruktur“ für alle Beteiligten (IHO).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

6.3 Schiffsdatenschreiber (VDR)

Jochen Ritterbusch

Der Schiffsdatenschreiber – *Voyage Data Recorder* (VDR) – ist von dem in der Luftfahrt bereits seit längerem erfolgreich eingesetzten Flugdatenschreiber abgeleitet. Die Ausrüstungspflicht für Berufsschiffe ist in *SOLAS* (Kapitel V, Regel 20) festgelegt. Neben der Vollversion [6.3.1, 6.3.2] ist auch eine vereinfachte Version – *Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)* – des Schiffsdatenschreibers [6.3.3] für die Nachrüstung von Schiffen spezifiziert. Es müssen alle

- Fahrgastschiffe und Ro-Ro Fahrgastschiffe (Fähren) und
- Neubauten anderer Schiffe > 3000 BRZ

mit einem VDR ausgerüstet sein. Darüber hinaus sind Schiffe, die keine Fahrgastschiffe sind und vor dem 1.7.2002 gebaut wurden, mit einem S-VDR auszurüsten.

6.3.1 Aufgabe und Wirkungsweise

(1) Aufgabe

Die Aufgabe eines VDR besteht darin, Informationen über Position, Bewegung, physikalischen Zustand und Steuerung eines Schiffes aufzuzeichnen und die Aufzeichnungen über einen relevanten Zeitraum vor und nach einem Zwischenfall in sicherer und auslesbarer Form vorzuhalten (Abb. 6.3.1). Diese Informationen sollen dazu dienen, die Ursache für den Zwischenfall in nachfolgenden Untersuchungen zu ermitteln. Außerdem sollen die Erkenntnisse aus der Auswertung der aufgezeichneten Informationen zu Maßnahmen führen, die das Risiko solcher Zwischenfälle reduzieren und damit die Sicherheit der Schifffahrt verbessern und Meeresverschmutzungen vermeiden. Eine Auflistung der Daten, die vom VDR bzw. S-VDR aufgezeichnet werden, ist in Tabelle 6.3.1 gegeben. Seit 1.7.2014 müssen neue VDR überarbeitete Anforderungen [6.3.2] erfüllen. Die neuen Anforderungen sind im Text mit „*“ gekennzeichnet. Unter anderem wurde die Speicherkapazität der Kapseln auf 48 Stunden erhöht und zusätzlich eine 30-Tage-Langzeitspeicherung vorgeschrieben. Daher wird eine manuelle Notsicherung nicht mehr benötigt.

Optional können weitere Maschinenbetriebsdaten über Pumpen, Lüfter, Generatoren etc. abgespeichert werden. Der von den aufgezeichneten Daten abgedeckte Zeitraum muss mindestens zwölf/achtundvierzig* Stunden betragen. Neben den Unterschieden im aufzuzeich-

Abb. 6.3.1: Tauchkapsel, Schwimmkapsel und VDR-Haupteinheit **Quelle: Rutter Inc.**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Information	VDR	S-VDR	Intervall
Datum und Zeit	X	X	1 s
Schiffsposition	X	X	
Kompasskurs	X	X	
Geschwindigkeit	X	X	
Tiefe (Echolot)	X	V	
Ruderwinkel	X	V	
Radarbild	X	V (oder AIS)	15 s
ECDIS-Bild und verwendet Karten	V*		15 s
AIS	X*	V (oder Radar)	alle Daten
Elektronisches Inklinometer (Rollen)	V*		1 s
Geräusche und Gespräche im Brückenhaus	X	X	Kontinuierlich
UKW-Funkverkehr	X	X	
Haupt- und Pflichtalarme	X	V	1 s und bei Veränderung
Maschinenstatus und Strahlruder	X	V	
Status von Öffnungen im Schiffsrumpf	X	V	
Status von Schotten und Feuerschutztüren	X	V	
Daten von Beschleunigungsaufnehmern	V	V	
Windgeschwindigkeit und -richtung vom Windmesser	V	V	

Tabelle 6.3.1: VDR bzw. S-VDR: Aufgezeichnete Informationen und Aufzeichnungsintervalle (Bedeutung: „x“ in jedem Fall; „V“ falls verfügbar; „*“ bei Einbau/Zulassung ab 1.7.2014)

nenden Datenumfang bestehen zwischen VDR und S-VDR unterschiedliche Anforderungen an das Endaufzeichnungsmedium. Beim VDR müssen sowohl eine Tauchkapsel mit entsprechend hohem Schutzniveau als auch eine schwimmfähige Kapsel und ein Langzeitspeicher zur Datenaufzeichnung über 30 Tage* eingesetzt werden. Beim S-VDR kann alternativ zu einer Tauchkapsel mit etwas reduzierten Schutzanforderungen auch eine schwimmfähige Kapsel verwendet werden (i. A. in Kombination mit einer EPIRB).

(2) Aufbau und Wirkungsweise

Die wesentlichen Bestandteile eines VDR sind (Abb. 6.3.2):

- Haupteinheit (je nach Hersteller auch *Main Unit*, *Data Collecting Unit*, *Data Management Unit* o. a.),
- Status-, Alarm- und Bedienkonsole,
- Endaufzeichnungsmedium (*Final Recording Medium*, *Data Recording Unit* o. a.),
- Sensoren (bzw. entsprechende Schnittstellen zum Anschluss bordeigener Sensoren),
- *Playback-Equipment* (zum Auslesen und Abspielen der aufgezeichneten Informationen),
- (Not-) Stromversorgung.

Daten: Die vom VDR aufzuzeichnenden Informationen werden von den angeschlossenen Sensor-/Schnittstellen-Modulen in digitaler Form bereitgestellt. Für Video- und Audiodaten müssen spezielle Wandler (Video-Grabber, Mikrofone) eingesetzt werden, um sie in ein digitales, zum Abspeichern geeignetes Format zu konvertieren.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

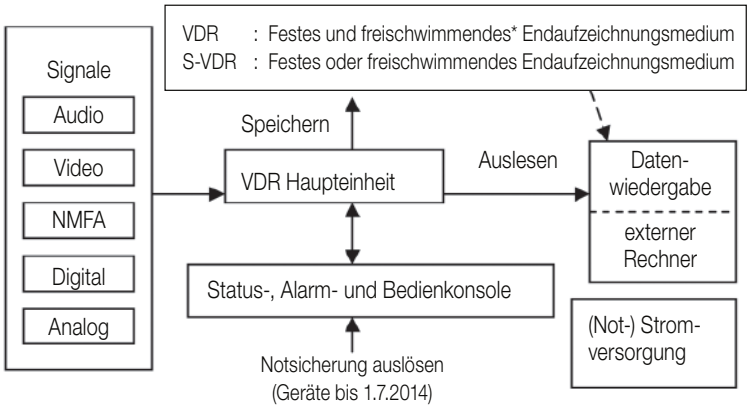


Abb. 6.3.2: Prinzipieller Aufbau eines VDR/S-VDR

Haupteinheit: Die Haupteinheit besteht im Wesentlichen aus einem leistungsfähigen Computer mit ausreichender Speicherkapazität. Dort werden die digitalisierten Daten überwacht, komprimiert, mit Zeitinformationen versehen und sowohl lokal abgespeichert als auch an das Endaufzeichnungsmedium zur sicheren Verwahrung weitergeleitet. Der Datenspeicher ist als Ringpuffer ausgelegt, bei dem neue Daten ältere (älter als zwölf/achtundvierzig Stunden bzw. 30 Tage für den Langzeitspeicher*) überschreiben. Wenn über die Bedieneinheit eine Daten-Notsicherung *(Emergency Back-up)* ausgelöst wird, werden die Aufzeichnungen der letzten zwölf Stunden in einem Bereich abgelegt, in dem sie vor dem Überschreiben mit neuen Daten geschützt sind (für neue VDR nicht mehr notwendig*). Die Haupteinheit ist – wenn das Schiff nicht untergegangen bzw. zerstört ist – auch der Zugangspunkt für das Auslesen und Abspielen der aufgezeichneten Daten. Bei einigen VDR-Systemen wird die Datensicherung zum Auslesen auf einem internen Festspeicher abgelegt, bei anderen auf einem Wechselmedium (Wechselfestplatte, Speicherkarte, USB-Stick o. Ä.), das zur Datenauswertung einfach herausgenommen werden kann.

Status-, Alarm- und Bedienkonsole: Die Konsole ist je nach Hersteller sehr unterschiedlich gestaltet. Sie kann direkt in der Haupteinheit integriert oder als abgesetzte kompakte Einheit in die Brückenkonsole eingebaut sein. Auf der Konsole werden Status und Alarme des VDR angezeigt. Außerdem kann dort über eine Taste die Notsicherung *(Emergency Back-up)* ausgelöst werden. Abb. 6.3.3 zeigt zwei Beispiele von Konsolen.

Endaufzeichnungsmedium: Dort werden die Daten kontinuierlich abgelegt. Die Speicherkapazität umfasst mindestens einen Zeitraum von zwölf/achtundvierzig* Stunden. Die Tauchkap-

Abb. 6.3.3: Zwei Status-, Alarm- und Bedienkonsolen Quelle: INTERSCHALT Maritime Systems AG

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

sel sinkt bei einem Schiffsuntergang mit ab und sendet ein Unterwasserschall-Ortungssignal zum Wiederauffinden und Bergen aus bis zu 6000 m Tiefe. Die Schwimmkapsel schwimmt auf und sendet ein Funk-Ortungssignal auf 121,5 MHz mit etwa 50 mW Leistung aus.

Konfiguration: Neben den eigentlichen Daten wird im VDR eine Konfigurationsdatei abgespeichert. Diese Datei enthält Informationen über die spezielle Konfiguration des VDR und grundlegende Informationen über das Schiff wie zum Beispiel die Einbauorte der Mikrofone, technische Daten der Sensoren und eindeutige Identifikationsmerkmale des Schiffes. Die Konfigurationsdatei ist wichtig für die korrekte Zuordnung in der Darstellung der ausgelesenen Daten. Um den verfügbaren Speicherplatz optimal zu nutzen, werden die Daten in spezielle Formate konvertiert und komprimiert. Zum Abspielen müssen die Daten daher nach dem Auslesen zunächst entpackt und in für die Auswertung geeignete Standard-Formate konvertiert werden.

Stromversorgung: Damit die Datenaufzeichnung bei einem Stromausfall noch möglichst lange fortgesetzt wird, muss der VDR sowohl an die Notstromversorgung des Schiffes als auch an eine separate Reservestromversorgung (Batterie) angeschlossen sein, die mindestens zwei Stunden autarken Betrieb gewährleistet.

Abgesehen von diesen Hauptbaugruppen sind VDR-Anlagen im Aufbau und in der Struktur sehr stark herstellerabhängig gestaltet.

6.3.2 Bedienung von Schiffsdatenschreibern

Da der VDR nicht unmittelbar der Navigation dient, sondern vielmehr die Aufklärung von Seeunfällen unterstützen soll, ist die Bedienung von nautischer Seite nicht umfangreich. Umfangreicher ist sie für die Ermittler von Untersuchungsbehörden.

(1) Bedienung durch das Brückenpersonal

Der VDR überwacht ständig die Integrität der aufgezeichneten Daten sowie den eigenen Betriebszustand. Dazu wird u. a. automatisch etwa alle zwölf Stunden ein Mikrofontest durchgeführt, bei dem ein akustisches Testsignal im Mikrofon erzeugt und ausgewertet wird. Falls die Überwachung einen Fehler feststellt, die korrekte Datenaufzeichnung also nicht mehr gewährleistet ist, wird ein Alarm ausgelöst, der auf der Status-/Alarm-Konsole angezeigt wird und dort auch quittiert werden kann. Die Implementierung kann von Schiff zu Schiff sehr unterschiedlich sein. Es wird empfohlen, bei einer ausgewiesenen Fehlfunktion (Alarm) das Bedienhandbuch heranzuziehen oder gegebenenfalls den Service zu benachrichtigen. Um bei einem Zwischenfall die aufgezeichneten Daten der letzten zwölf Stunden vor dem Überschreiben zu sichern, muss am VDR die Daten-Notsicherung *(Emergency Back-up)* ausgelöst werden. Bei einigen Geräten kann mehr als eine Notsicherung abgespeichert werden. Die so gesicherten Daten können bei Bedarf zur Auswertung ausgelesen werden. Eine Beschreibung der Vorgehensweise ist dem Bedienhandbuch bzw. einer speziellen Anleitung für Untersuchungsbehörden zu entnehmen (s. u.).

Neue VDR ab 1.7.2014 [6.3.2]

Eine zusätzliche Funktion zur Überprüfung der Betriebsfähigkeit (*Operational Performance Test*) des VDR steht zur Verfügung. Die Überprüfung sollte einmal jährlich und nach Durchführung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten am System durchgeführt werden. Die Alarme bei Fehlfunktion sind auf Hinweise (*Caution*) reduziert worden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Bedienung durch Untersuchungsbehörden

Für Untersuchungsbehörden besteht die Bedienung des VDR in erster Linie aus dem Zugriff auf die gespeicherten Daten, die auf einen externen Standard-Rechner übertragen und in einer für die Auswertung geeigneten Form dargestellt werden sollen, und aus der Darstellung der Daten mit der notwendigen Software.

Beim Auslesen kann entweder auf die Notsicherung in der VDR-Haupteinheit oder die in dem Endaufzeichnungsmedium (Kapsel) abgelegten Daten zugegriffen werden. Bei Geräten, die keine Notsicherung enthalten, werden die Daten vom Langzeitspeicher oder der entsprechenden Kapsel ausgelesen. Das Auslesen der Daten aus einer geborgenen Kapsel und das anschließende Aufbereiten zur Auswertung kann in der Regel nur vom Hersteller vorgenommen werden, da die Speicherkarten in der Kapsel teilweise beschädigt sein können und unsachgemäße Handhabung zu Datenverlust führen kann. Für das Auslesen und Darstellen der gesicherten Daten aus der VDR-Haupteinheit (*Emergency Back-up*) muss der Hersteller eine geeignete Präsentationsoberfläche/Software zur Verfügung stellen (s. Abb. 6.3.4). Diese muss bei ab 1.6.2008 aufgestellten Geräten vor Ort in oder an der VDR-Haupteinheit verfügbar sein: entweder auf einer CD oder zum Herunterladen von der VDR-Haupteinheit mit Standard-Hardware und -Software (Ethernet, USB) [6.3.4]. Grundlegende Instruktionen, die CD (falls Teil des Systems) sowie zusätzliche – für das Auslesen notwendige – Hardware (Spezialkabel) müssen in einem ordnungsgemäß verschlossenen und mit der Aufschrift *„DO NOT OPEN, important material for the exclusive use by Investigation Authorities“* versehenen Paket fest an der VDR-Haupteinheit angebracht sein.

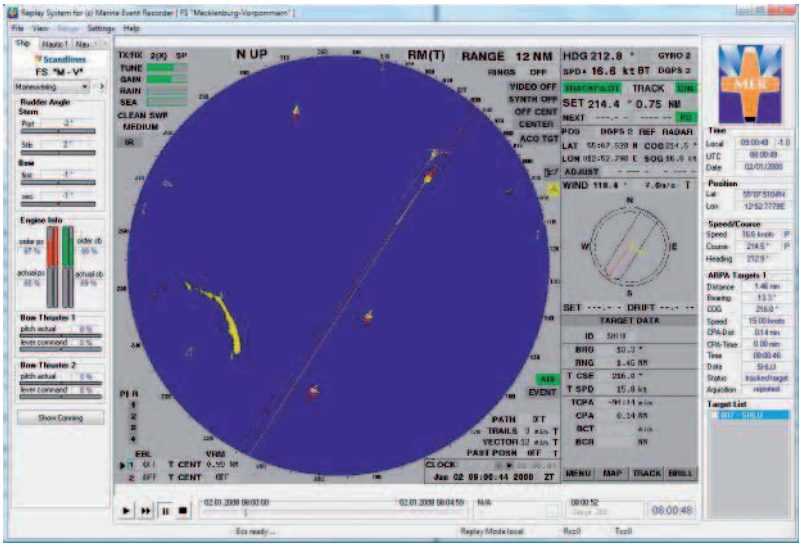


Abb. 6.3.4: Darstellen der ausgelesenen Conning-Daten (Beispiel: MER)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

7 Dynamische Positionierungssysteme

Matthias Wilhelm, Holger Korte

7.1 Einsatzbereich und Aufgaben

Dynamische Positionierungssysteme werden bereits seit Anfang der 1960er-Jahre in der Offshore-Industrie benutzt. Ihre Komponenten wurden den Notwendigkeiten der Industrie entsprechend weiterentwickelt. So brachten die Anforderungen an diesen speziellen maritimen Bereich immer wieder Schiffstypen und Arbeitsgebiete hervor. Die Errichtung von Konstruktionen (Bohrinseln, Windparks etc.), Seekabelverlegung oder die Errichtung von Tiefseekonstruktionen sowie der Schutz von Mensch und Umwelt sind nur einige der heutigen Offshore-Aktivitäten.

Das Dynamische Positioniersystem ist per Definition ein computergesteuertes System. Unter *Dynamic Positioning* (DP) versteht man die Fähigkeit eines Schiffes, bei vorgegebenen Wettereinflüssen durch Seegang, Wind und Strömung mit den schiffseigenen Antriebsanlagen eine gewünschte Position über Grund oder eine vorgegebene Route einzuhalten. Abhängig von den Propulsionsanlagen, Umwelteinflüssen etc. werden beim Abfahren einer Route bzw. bei einer Positions- und Lageveränderung in der Praxis Geschwindigkeiten bis max. 3,0 kn erreicht. Der *Dynamic Positioning Operator* (DPO) überwacht dabei die Reglungssysteme (z. B. Abb. 7.1.1). Kommt es zu starken Abweichungen zwischen Soll- und Istwerten oder Ausfällen von Sensor- oder Antriebssystemen, muss der DPO eingreifen. Eine qualifizierte Fehleranalyse mit resultierender Problemlösung ist Bestandteil einer Ausbildung zum DPO.

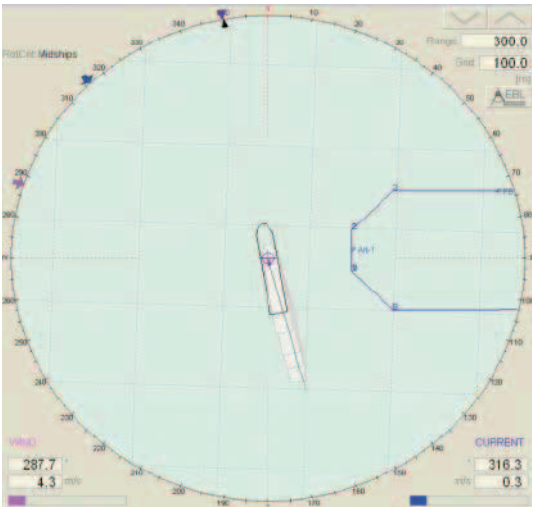


Abb. 7.1.1: Posplot-Window K-Pos©-Anlage
Quelle: H. Korte, Simulator Jade Hochschule Elsfleth

Zur Gewährleistung einer hohen Personen- und Umweltsicherheit wurden Industrie-Standards und Regeln zum Bau und Betrieb von Schiffen mit Dynamischer Positionierung (DP) durch die IMCA (*International Marine Contractors Association*) entwickelt. Sie betreffen die Bereiche Sicherheit, Umwelt, Ausbildung, Betrieb und Bau von DP-Einheiten. Nachfolgende Institutionen sind derzeit mit folgenden Zuständigkeiten betraut:

- IMCA: Industrie-Standards für den Betrieb,
- IMO: Bauvorschriften und Mindestanforderungen an DP-Einheiten,
- STCW: Manila Amendments – Part B Guidelines for DP Operator Training (2010),
- Nautical Institute London (UK): DPO-Zertifikate,
- Klassifikationsgesellschaften: Zulassungen und Zertifikate,
- MTS (Marine Technology Society): Ausbildung und Publikationen.

Infolge einer zunehmenden globalen Bedeutung der Offshore-Spezialschifffahrt wechseln jedoch die Zuständigkeiten immer weiter in den legislativen Bereich der internationalen Staatengemeinschaft, so dass bestehende Regelwerke derzeit starken Veränderungen unterliegen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

7.2 Einteilung in DP-Klassen und Ausrüstungsanforderung

Im Vergleich zu anderen Schifffahrtsbereichen stellen Offshore-Operationen fast immer Nahbereichs-Situationen dar. Um eine permanente Prozessüberwachung zu erreichen, wurde ein Redundanzprinzip entwickelt, das sich in den sogenannten DP-Klassen abbildet (Tabelle 7.2.1).

In der DP-Klasse 3 sind Schiffe auf mehrfache Art und Weise gegen Positionsverlust abgesichert. Insgesamt werden drei DP-Konsolen eingesetzt, von denen eine räumlich von den anderen getrennt sein muss. Fällt einer dieser Computer aus, wird dies automatisch registriert und die entsprechende Einheit abgeschaltet. Alle Komponenten der DP-Klasse 3 müssen redundant in verschiedenen feuerfesten und wasserdichten Sektionen verbaut werden, so dass der Betrieb auch in jeder Notfallsituation fortgeführt werden kann.

Teilsystem oder Komponente	**Mindestanforderung für DP-Klassen**			
Ausrüstungsklassen nach IMO		DP-Klasse 1	DP-Klasse 2	DP-Klasse 3
DP-Klassenbezeichnung der Klassifikationsgesellschaften	DNV GL	AUT	AUTR	AUTRO
	LR	DP (AM)	DP (AA)	DP (AAA)
	ABS	DPS-1	DPS-2	DPS-3
Stromversorgungssystem	Generatoren und Antriebsmaschinen	Nicht-redundant	Redundant	Redundant getrennte Abteilungen
	Hauptschaltanlage	1	1 mit Verteiler-schiene	2 mit für gewöhnlich offenen Verteilerschienen in getrennten Abteilungen
	Verteilerschienen-Trennschalter	0	1	2
	Verteilersystem	Nicht-redundant	Redundant	Redundant getrennte Abteilungen
	Stromversorgungs-management	Nein	Ja	Ja
Strahlruder	Strahlruder Anordnung	Nicht-redundant	Redundant	Redundant getrennte Abteilungen
Kontrolle	Auto-Kontrolle: Anzahl der Kontroll-computer	1	2	2+1 an alternativem Kontrollstand
	Manuelle Kontrolle: Joystick mit Auto-Kurs	Ja	Ja	Ja
	Einzelne Hebel für jedes Strahlruder	Ja	Ja	Ja
Sensoren	Positionsreferenzsysteme	2	3	3, inkl. 1 an alternativem Kontrollstand
	Externe Sensoren			
	Wind	1	2	2
	VRS	1	2	2
	Kreiselkompass	1	3	3
	Andere (MRU)	1	2	2
Nichtunterbrechbare Energie-versorgungsleitung (UPS) *Uninterruptible power supply system*		1	1	1+1 in getrennter Abteilung
Alternativer Kontrollstand für die Back-up Einheit		Nein	Nein	Ja

Tabelle 7.2.1: Systemkonfiguration und Mindestanforderung für DP-Klassen

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Für die Erteilung der Betriebserlaubnis ist bei den DP-Klassen 2 und 3 ein Redundanzkonzept in den Bereichen Schuberzeugungssysteme und Energiebedarf des DP-Systems bei den vorgegebenen Einsatz- und Umweltbedingungen (Wind, Wellen, Strom) nachzuweisen. Des Weiteren muss eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (*Failure Mode and Effects Analyses* (FMEA) bzw. *Failure Mode Effects and Criticality Analyses* (FMECA)) erstellt werden. Die Ergebnisse der FMEA sind durch ein Erprobungsprogramm zu verifizieren und in ein entsprechendes Testprogramm (*DP Trial*) zu übernehmen. Der FMEA-Bericht sowie die DP-Verifikationstests und die jährlichen DP-Tests müssen an Bord verfügbar sein. Die DP-FMEA soll die aktuelle Konfiguration des DP-Systems enthalten sowie alle Änderungen an den Komponenten und Programmen berücksichtigen.

7.3 Spezielle Sensoren und Positionsreferenzsysteme

Die DP-Regler benötigen kontinuierliche, den Anforderungen der Aufgabe genügende Messungen über das Verhalten des Schiffes, insbesondere unter widrigen Bedingungen (Seegang, Gischt und Schauer). Dabei darf weder das Messverfahren versagen noch sein lokaler Bezug gestört werden. In Abb. 7.3.1 wird eine moderne Positionssensorkonfiguration gezeigt. Ein satellitenbasiertes Navigationssystem benötigt dafür eine lokale Referenzstation. Damit das Kalman-Filter (Abb. 7.6.1) Messrauschen beseitigen und die verschiedenen ausgewählten Sensoren integrieren kann, wird immer mindestens je ein Wind-Sensor, Kreiselkompass und Lage-Sensor benötigt (trägheitsbasierte *Motion Reference Unit* (MRU) oder *Vertical Reference System* (VRS), kombinierter Neigungs- und 1-Achsen-Trägheitssensor). Die Auswahl der zur Verfügung stehenden Positionsreferenzsysteme ist von folgenden Kriterien abhängig:

- Verweildauer des Schiffes auf der Position,
- Art und Umfang der Arbeit,
- Sicherheitsanforderungen und Umweltbedingungen,
- Einsatz von Sekundärgeräten (Tauchroboter, Unterwasserpflügen etc.),
- Anforderung der Lage und Positionsgenauigkeit.

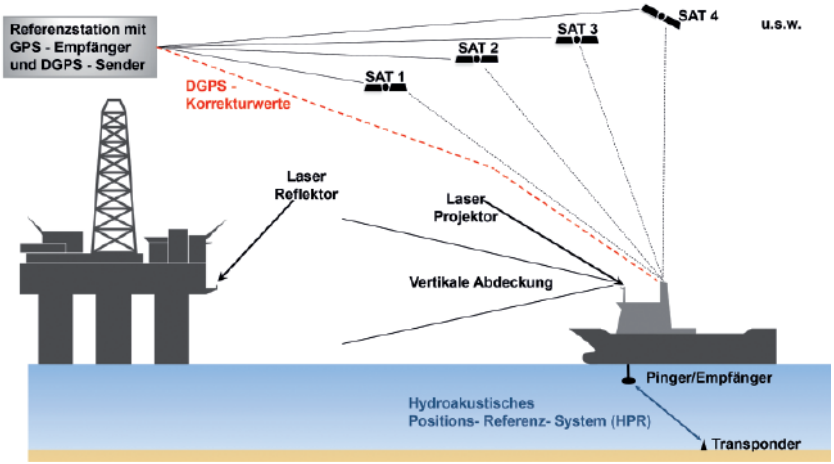


Abb. 7.3.1: Typische Positionssensorik von DP-Systemen

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Aus dem Angebot der Positionsreferenzsensoren und je nach Schiffstyp der Kraft- und Lage-Sensoren muss eine sinnvolle Auswahl getroffen werden, um beim Ausfall eines Messsystems den sicheren Betrieb ungestört fortsetzen zu können. In der Praxis werden für DP-Operationen durch den Betreiber der Offshore-Anlagen mindestens drei auf verschiedenen Funktionsprinzipien beruhende Positionsreferenzsysteme zur Verfügung gestellt, die den Betriebsbedingungen gerecht werden (Tabelle 7.3.1).

Positionsreferenzsystem (PRS)	Funktionsprinzip	Reichweite (Sender – Schiff)	Genauigkeit
Radius Radascan	Radar	550 Meter	0,5–1,0 m
Fanbeam Cyscan	Laser	< 200 Meter	0,5 m
Artemis	Mikrowellen	10–5000 Meter	0,5–1,0 m
FMCW Dauerstrich-Radar	Mikrowellen	10–500 Meter	0,5–1,0 m
Taut Wire	Mechanisch	200–300 m	1–2m
HPR (SBL, USBL, LBL)	Hydroakustisch	1–10.000 Meter	0,2 %–2,0 % der Wassertiefe
DGPS	Differential GPS	Regional 150–300 sm	3–10 m
Weitbereichs DGPS (WAAS (am.), EGNOS (europ.), MSAS (ind.), GAGAN (jp.))	Differential GPS	Global	< 1–3 m

Tabelle 7.3.1: Wesentliche Betriebsdaten und Eigenschaften der Positionsmessverfahren

7.4 Betriebsmodi

Eine mit DP-System ausgerüstete Einheit soll in erster Linie ihre vorher definierte Position und Lage beibehalten bzw. festgelegte Bewegungen ausführen, ohne dabei die vom Bediener definierten Limits zu verletzen. Die hier angeführten Modi zur Bewegungssteuerung sind schiffstypenabhängig auf den verbreiteten DP-Produkten zu finden (vgl. Abb. 7.6.2).

(1) Im **Standby-Modus** der DP-Konsole wird nach dem Einschalten des Gerätes diese nicht aktiv in die Steuerung und Überwachung des Systems geschaltet. Der DPO kann seine Stellorgane und Sensoren zuschalten. In der speziellen *Trainer*-Funktion liefert das Kalman-Filter (KF) (siehe Abschnitt 7.6.3) die notwendigen Prozessdaten. So können DP-Operationen im Vorfeld geplant, unter verschiedenen Umgebungsbedingungen durchgespielt und optimiert werden. Der DPO kann sich mit Gerät oder Prozessabläufen vertraut machen und Alarme und Anzeigen konfigurieren.

(2) Der **Joystick-Modus** ermöglicht rein manuelle Schiffpositionierung. Mit dem 3-Freiheitsgrade-Joystick werden die Sollkräfte und das -giermoment der DP-Einheit für die Kraftregelkreise (in Abb. 7.6.1 grün) der zu steuernden Freiheitsgrade vorgegeben. Die Verteilung der Vorgaben auf die Steuerorgane erfolgt automatisch. Für das Kalman-Filter werden die Messungen der Kreiselkompasse, Wind- und Hiev-Sensorik automatisch eingespeist.

(3) Der **Auto-Position-Modus** dient der automatischen Steuerung des Schiffes durch das DP-System in allen drei Achsen. Position und Kurswinkel des Schiffes werden angesteuert und beibehalten, alle 3 Regelschleifen sind aktiviert. Sollposition und -kurs können im laufenden Betrieb verändert oder korrigiert werden. Die *GreenDP*-Funktion soll bei einigen Geräten die Seegangsempfindlichkeit in einem Toleranzkreis herabsetzen und so Energie sparen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) Der **kombinierte Auto-Position/Joystick-Modus** erlaubt dem Bediener ein oder zwei Achsen des Schiffes mit dem Joystick zu steuern. Die Reglung der verbleibenden Achsen übernimmt das DP-System mit der *AutoSurge-, AutoSway-* bzw. *AutoYaw/AutoHeading*-Funktion (Abb. 7.6.2). In diesen Status, der für jede Achse sowohl den Geschwindigkeits- als auch den Positionsregelkreis gemeinsam bedient (in Abb. 7.6.1 gelb und blau), kann man aus beiden Ausgangsmodi gelangen.

(5) Der **Autotrack-Modus** ermöglicht es dem Schiff, einem vorher geplanten Track zu folgen, ähnlich der Bahnregelung (Kap 5.2). Dabei werden die Wegpunkte der Route mit zusätzlichen Attributen versehen, die auch die Quergeschwindigkeit des Schiffes und die Wegpunktübergange einbeziehen. Häufig werden für die Regelung *Low-* und *High-Speed*-Modi (bis max. 4 kn Fahrt und sogar darüber) angeboten. Der Autotrack-Modus wird bei einer Vielzahl von Offshore-Arbeiten eingesetzt: Rohr- und Kabellege-Operationen, Einpflügen von Unterwasserinstallationen, Baggerarbeiten u. a. Die Planung der Route kann auch mit externen Geräten erfolgen, z. B. ECDIS. Dann müssen jedoch die Attribute im Editor des DP-Systems angepasst werden [7.4.1].

(6) Im **Follow-Target-Modus** soll die selbstständige Verfolgung eines beweglichen Ziels (*Target*) realisiert werden. In der Regel sind dies *Remotely Operated Vehicles* (ROV) und *Autonomous Underwater Vehicles* (AUV), welche zur Vermessung, Inspektion oder Durchführung spezieller Unterwasserarbeiten eingesetzt werden. Auf dem *Target* wird ein HPR-Transponder platziert, der seine relative Position an das DP-System sendet. Die Position wird durch Überwasser-Positionssensoren des Schiffes mit Hilfe des Kalman-Filters ermittelt. Der DPO gibt dem DP-System einen Toleranzkreis für das *Target* relativ zum Schiff vor. Wann immer das *Target* diesen Kreis verlässt (Abb. 7.4.1), fügt das DP-System einen neuen Toleranzkreis in gleicher Relation um das *Target* ein. DP steuert dann das Schiff in die gleiche relative Lage zum neuen Toleranzkreis.

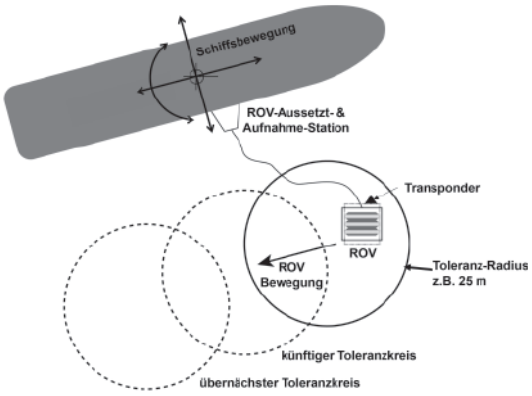


Abb. 7.4.1: Prinzip-Skizze Follow-Target-Modus

7.5 Spezielle DP-Funktionen

In diesem Abschnitt sollen DP-Funktionen aufgezeigt werden, die in der Handelsschifffahrt nicht gewöhnlich sind. Die hohe Variabilität der Offshore-Anwendungen erfordert eine ebenso agile technische Realisierung. Daher sind die Bildaufteilungen der Konsole flexibel gestaltet, Beispiele zeigen Abb. 7.1.1 und Abb. 7.5.1. Das Redundanzprinzip setzt sich fort und ermöglicht die Anwahl bestimmter Funktionen sowohl auf dem Panel (Abb. 7.6.2) als auch im Display.

(1) Die Auswahl der **Koordinatensysteme, Maßeinheiten** und des **Bezugsellipsoiden** ist für eine barrierefreie Planung und Umsetzung der Prozessabläufe notwendig.

(2) Ein **Alarmmanagement** ermöglicht dem Nutzer weitgehend freie Auswahl von Alarmgrenzen. Zusätzlich können Warnungen vereinbart werden. Ihr Eintritt wird im System verwaltet.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

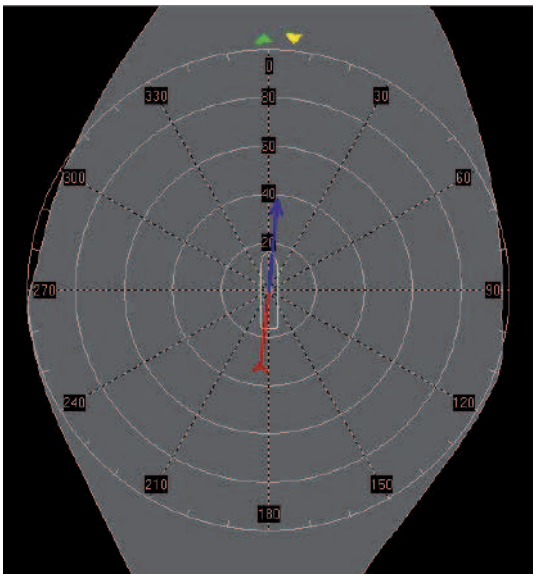


Abb. 7.5.1: Capability Plot Quelle: M. Wilhelm, Converteam Simulator Seefahrtschule Cuxhaven

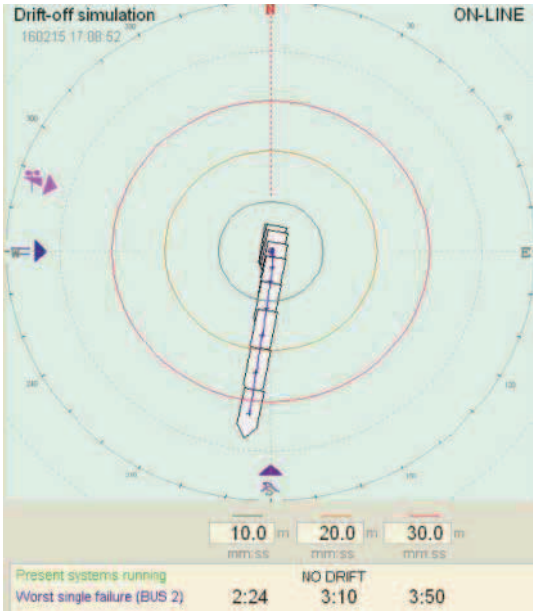


Abb. 7.5.2: K-Pos© Motion Prediction Quelle: H. Korte, Simulator Jade Hochschule Elsfleth

(3) Die **Regler-Verstärkung** wird im Autotrack-Modus mit den Optionen *High speed and Low speed* angepasst. In den übrigen Modi gibt es für die Geschwindigkeitsregelung eine Auswahl. Positionsreglerparameter werden nicht verändert, aber die Geschwindigkeiten lassen sich begrenzen.

(4) Der **Rotationsbezugspunkt** kann mit *Rotation Center* in jeden beliebigen Punkt auch außerhalb des Schiffes verlagert werden und wird der Bezugspunkt der Regelung. Große Hebelarme in Längsrichtung und Drehraten r_{soll} können das System schnell überfordern!

(5) Trend-View zeigt während der Steuerung einen Zeitverlauf wählbarer Prozessgrößen zur Übersicht oder zu Nachweiszwecken. Bei K-Pos© kann man 3 Größen parallel abbilden.

(6) Leg Offset und **Track Offset** sind Funktionen, um Hindernissen auszuweichen oder konstante Messfehler gegenüber der Planung auszugleichen, z. B. nach Verdriften eines Transponders.

(7) DP-Capability Plot vergleicht während der Steuerung die aktuell aufgebrachte Leistung mit der unter den ermittelten oder vorgegebenen Umweltdaten verfügbaren mechanischen Leistung. In Abb. 7.5.1 zeigt die graue Figur die verfügbare Leistung gegenüber dem Ist-Stand Vektor.

(8) Konsequenz-Analyse oder *Motion Prediction* bei K-Pos© ermittelt während der Steuerung die Zeit nach einem Verlust der Positionshaltefähigkeit bis zum Erreichen der Distanzkreise in 10-m-Schritten (Abb. 7.5.2). Ereignisse und Wetterdaten können ausgewählt werden. Der DPO kann damit Gegenmaßnahmen planen, z. B. Taucher aufnehmen oder Rohre abschlagen und sichern.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

7.6 Bewegungsmodell, Regelung und Kalman-Filter

Ein Schiff schwimmt an der Wasseroberfläche nach dem Archimedischen Prinzip, wonach sich Gewichts- und Auftriebskraft kompensieren. Dabei führt es Bewegungen in 6 Freiheitsgraden aus. Im Handbuch Nautik II [7.6.1] werden sowohl wesentliche Erläuterungen zu den Manövrierorganen eines Schiffes mit den ihnen innewohnenden Kräften und Momenten als auch zu den Bewegungsgleichungen gegeben. Ihr dort zugrundeliegender Arbeitspunkt bezieht sich auf die optimale Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes im Entwurf. Somit können die dortigen Ausführungen zu den mathematischen Modellen der Manövrierorgane und Störeinflüsse weitgehend auch auf das vorliegende Kapitel angewendet werden. Beim Halten einer Position üben Einflüsse durch die Umwelt deutlich spürbarere und komplexere Auswirkungen auf die Bewegung eines Schiffes aus. Daher soll diese Wirkungsweise an der allgemein geltenden Bewegungsgleichung veranschaulicht werden (Tabelle 7.6.1).

	Translation:	*Rotation:*	*Gleichung:*
Impuls:	$\vec{p} = \mathbf{m}_{Sh} \cdot \vec{v} = konst.$	$\vec{D} = \mathbf{J}_{Sh} \cdot \vec{\omega} = konst.$	(7.6.1)
Geschwindigkeit:	$\vec{v} = [u, v, w]^T$	$\vec{\omega} = [p, q, r]^T$	(7.6.2)
Dynamik $\frac{d\vec{p}}{dt}$:	$\mathbf{m}_{Sh} \cdot \dot{\vec{v}}_S + (\vec{\omega}_S \times \vec{p}_S) = [X, Y, Z]^T$		(7.6.3a)
$\frac{d\vec{D}}{dt}$:		$\mathbf{J}_{Sh} \cdot \dot{\vec{\omega}}_S + (\vec{\omega}_S \times \vec{D}_S) + (\vec{v}_S \times \vec{p}_S) = [K, M, N]^T$	(7.6.3b)
Kinematik:	$\vec{v}_S = \vec{v}_0 + \int \dot{\vec{v}}_S dt$	$\vec{\omega}_S = \vec{\omega}_0 + \int \dot{\vec{\omega}}_S dt$	(7.6.4)
Position:	$[x, y, z]^T = \int (\mathbf{C}_{be} \cdot \vec{v}_S) dt + [x_0, y_0, z_0]^T$		(7.6.5a)
Orientierung/Eulerwinkel:		$[\phi, \theta, \psi]^T = \int (\mathbf{C}_{rot,be} \cdot \vec{\omega}_S) dt + [\phi_0, \theta_0, \psi_0]^T$	(7.6.5b)
Transformation: *body to earth*	$\mathbf{C}_{be} = \begin{bmatrix} \cos\theta\cos\psi & \sin\phi\sin\theta\cos\psi - \cos\phi\sin\psi & \cos\phi\sin\theta\cos\psi + \sin\phi\sin\psi \\ \cos\theta\sin\psi & \sin\phi\sin\theta\sin\psi + \cos\phi\cos\psi & \cos\phi\sin\theta\sin\psi - \sin\phi\cos\psi \\ -\sin\theta & \sin\phi\cos\theta & \cos\phi\cos\theta \end{bmatrix}$		(7.6.6)
		$\mathbf{C}_{rot,be} = \begin{bmatrix} 1 & \sin\phi\tan\theta & \cos\phi\tan\theta \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi/\cos\theta & \cos\phi/\cos\theta \end{bmatrix}$	(7.6.7)
Sensorkorrektur:	$\vec{P}_{S,e} = [x, y, z]^T = \vec{P}_{i,e} - \mathbf{C}_{be}(\phi, \theta, \psi) \cdot \vec{R}_{i,S}$		(7.6.8)
Massen-Matrix:	$\mathbf{m}_{Sh} = \begin{bmatrix} m_S + m_{xh} & 0 & 0 \\ 0 & m_S + m_{yh} & 0 \\ 0 & 0 & m_S + m_{zh} \end{bmatrix}$		
Massenträgheitsmoment:		$\mathbf{J}_{Sh} = \mathbf{J}_S + \mathbf{J}_h$	*symmetrische [3x3] Matrizen*
Instabiles Moment:		$(\vec{v}_S \times \vec{p}_S)$	
Scheinkraft/moment: $(\vec{\omega}_S \times \vec{p}_S)$		$(\vec{\omega}_S \times \vec{D}_S)$	*im mitbewegten System*
Summe angreifender Kräfte/Momente: $[X, Y, Z]^T$		$[K, M, N]^T$	*Vektordarstellung der Komponenten*

Schiffsposition:	$\vec{P}_{S,e} = [x, y, z]^T$	*index S:*	*Schiffsbezogen*
Sensor-Hebelarm:	$\vec{R}_{i,S}$	*index h:*	*hydrodynamisch*
Sensor-Position:	$\vec{P}_{i,e}$	*index Sh:*	*Schiffsbezogen incl. hydrodynamische Anteile*
skalare Schiffsmasse:	m_S	*index e:*	*erdbezogen*
hydrodynamische Masse: Diagonalmatrix	$\mathbf{m}_h$	*index 0:*	*Startwert der physikalischen Größe*

Tabelle 7.6.1: Das mathematische Bewegungsmodell

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

7.6.1 Bewegungsmodell

Dynamik: In der Mechanik und auch in der Hydromechanik gelten die Erhaltungssätze für den Impuls und den Drehimpuls (Gl. 7.6.1 in Tabelle 7.6.1). Aufgrund der Inkompressibilität des Wassers treten im instationären Fall hydrodynamische Beschleunigungskräfte und Momente auf, die die Schiffsmasse und das Massenträgheitsmoment durch zusätzliche Trägheitsgrößen überlagern [7.6.2].

Die sogenannten Kirchhoff'schen Bewegungsgleichungen (7.6.3) beschreiben die Bewegung von wasserumströmten Festkörpern. Sie stellen eine Erweiterung der Euler'schen Kreiselgleichung zur Beschreibung der Rotation von Festkörpern dar, sowohl mit dem Zuschlag hydrodynamischer Trägheiten als auch dem der Translationsbewegung (Gl. 7.6.3a). Somit gelten sämtliche Einschränkungen der Euler-Kreiselgleichung, die bislang nur im körperfesten System gelöst wurde. Die linken Seiten der Gleichungen (7.6.3) beschreiben die zeitlichen Ableitungen der Impulse zuzüglich der scheinbaren Veränderungen aus der Betrachtung im mitbewegten Koordinatensystem inkl. dem instabilen Moment. Auf der rechten Seite stellen die Komponenten der Kraft *X, Y, Z* und der Momente *K, M, N* die Summe der externen, am Körper angreifenden Größen dar, inkl. der aus Gewicht, Auftrieb und Fliehkraft resultierenden Bestandteile mit ihrer Hebelwirkung.

Gl. (7.6.3) stellt den fundamentalen physikalischen Zusammenhang der Offshore-Technologie her, z. B. beim Schwergut-Umschlag, Kabellegen oder Baggern auf See. Dazu müssen auf ihrer rechten Seite auch die Wechselwirkungskräfte und -momente mit der zu bearbeitenden Struktur (Kabel, Plattform, Anker, Meeresboden u.s.w.) berücksichtigt werden, vgl. [7.6.3], [7.6.4]. In deren situationsbedingt exakten und zeitnahen Bestimmung liegt die Herausforderung der Offshore-Technologie.

Kinematik: Die Lösung der Kirchhoff'schen Gleichung liefert die Beschleunigungsgrößen der 6 Freiheitsgrade in Gl. (7.6.2). Durch deren zeitliche Integration bestimmt man die schiffsbezogene Geschwindigkeit $\vec{v}_s$ und $\vec{\omega}_s$ (Gl. 7.6.4). Werden diese dann z. B. mit der Eulerwinkel-Transformation in das erdfeste Bezugssystem umgerechnet und erneut zeitlich integriert, kann man die Orientierungs- (ϕ, θ, ψ) und Positionskoordinaten (*x, y, z*) angeben (Gl. 7.6.5).

Die kinematischen Beziehungen sind naturgegeben und bieten keinerlei Einflussmöglichkeiten, außer über den dynamischen Eingang der Kräfte und Momente. Das Schiff soll sich im Kräfte- und Momenten-Gleichgewicht befinden. Stellreaktionen wirken aufgrund der Trägheit des Schiffes immer verzögert zum Nachteil der Regelgröße, siehe Abschnitt 5.1 sowie [7.6.5] und [7.6.6] und Abschnitt 4.4.1 in [7.6.1].

7.6.2 Regelungsstruktur

Aufgrund der konstruktionsbedingten Eigenstabilität von Roll-, Stampf- und Tauchbewegung wurde für diese Freiheitsgrade keine Regelung vorgesehen. Die Anteile *w, p, q* der Bewegungsgleichung (7.6.3) wurden daher für die Dimensionierung der Regler vernachlässigt. Mit dem typischen DP-Arbeitspunkt $|\vec{v}_{AP}| \approx |\vec{\omega}_{AP}| \approx 0$ verschwinden alle nichtlinear verbundenen Terme aus der Bewegungsgleichung (7.6.3) und mit einem quasistationären Bezug zum Sollkurswinkel $\Delta\psi = \psi_{soll} - \psi_{ist} \approx 0$ entsprechend Gl. (5.1.1) auch aus den kinematischen Gleichungen, so dass sich eine vergleichbare Regelungsstruktur für jeden zu steuernden Freiheitsgrad darstellt. Abb. 7.6.1 zeigt die für einen Bewegungsfreiheitsgrad typische dreistufige Regelungskaskade. Diese ist im Vergleich zur Nomoto-Kursregelung eines Schiffes deutlich agiler, benötigt jedoch mehr Messaufwand zur Zustandserfassung, vgl. Sensoren in Tabelle 7.2.1.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

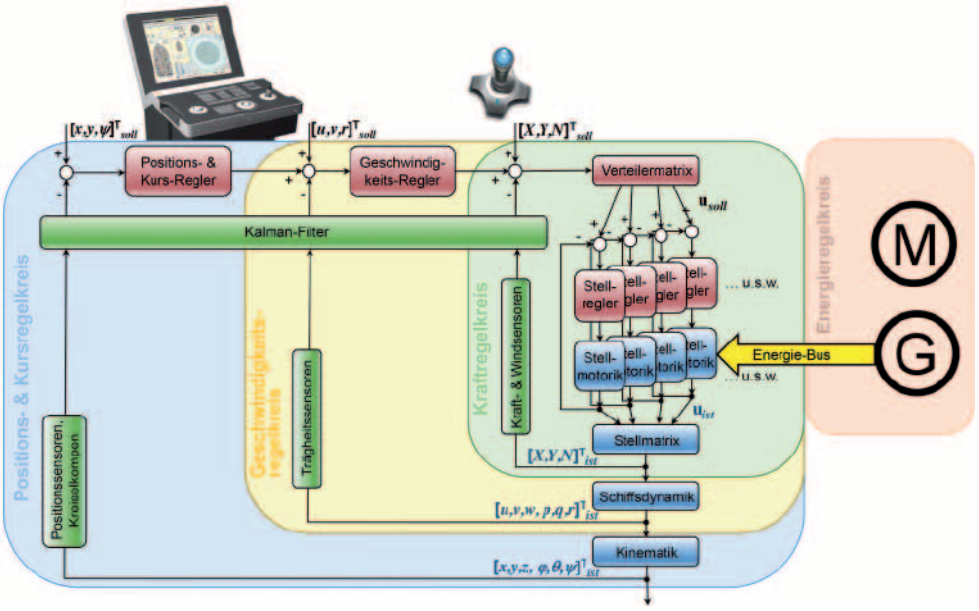


Abb. 7.6.1: Regelungskaskade für jeden zu steuernden Freiheitsgrad

Die Kraft-/Moment-Regelschleife (grün) wird durch den Nutzer nur durch Inbetriebnahme und Ausschalten der Aktoren beeinflusst (rechtes Tastenfeld, Abb. 7.6.2). Störgrößen werden entweder messtechnisch oder typenabhängig durch eine Eingabemaske auf der Konsole erfasst. Mit einer solchen Störgrößen-Ausregelung setzt sich ihr Einfluss nicht als Fehler in den übergeordneten Regelschleifen für Geschwindigkeiten (gelb) und Position und Kurs (blau) fort und wird weitgehend

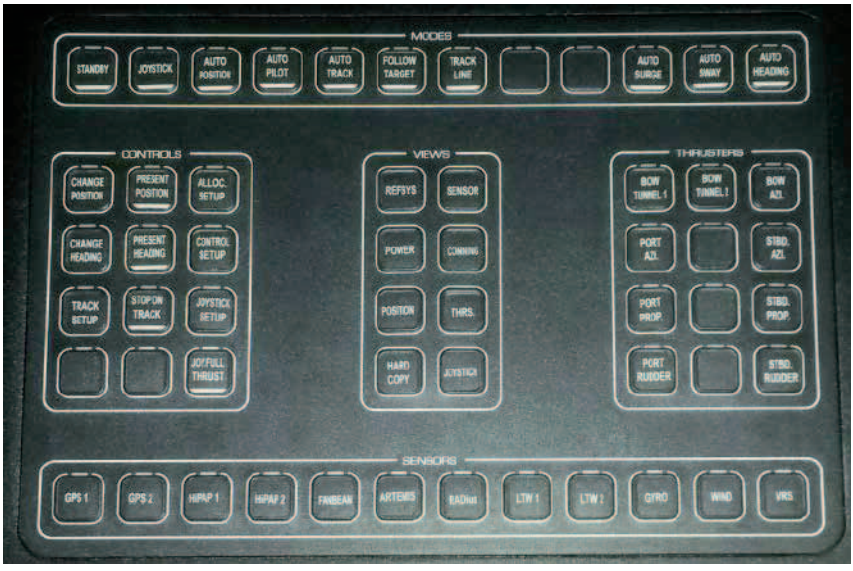


Abb. 7.6.2: Tastaturfeld der K-Pos©-Konsole Quelle: H. Korte, Simulator Jade Hochschule Elsfleth

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

durch die Aktoren kompensiert. Nachteilig werden Messfehler permanent in die Regelung eingetragen und wirken wie eine scheinbare Drift, die der DPO oder das System erkennen muss. Je nach der vom Auftraggeber definierten Sicherheitsanforderung wird daher eine Einhaltung bestimmter DP-Klassen (Tabelle 7.2.1) erforderlich, um die Ausfallwahrscheinlichkeit zu verringern.

Im Regelfall verlieren Querschubeinrichtungen ab einer Geschwindigkeit $|\vec{v}| \geq 4$ kn ihre Wirksamkeit. Daher wird in den DP-Systemen ein *High*- und ein *Low-speed*-Modus mit angepassten Parametern angeboten. Für Geschwindigkeiten $|\vec{v}| \geq 6$ kn wird auf üblichen Geräten in konventionelle Bahnregelung (Kap. 5.2) umgeschaltet, obwohl die Struktur der DP-Regelung auch für höhere Geschwindigkeiten geeignet wäre [7.6.5], [7.6.6].

Infolge gestiegener Anforderungen an die Bewegungsparameter der Schiffe finden derzeit (2016ff) Weiterentwicklungen an den Reglern statt, die sowohl den Roll- als auch den Stampf- und Tauchfreiheitsgrad mit aktivem Dämpfer vorsehen [7.6.7] und [7.6.8].

7.6.3 Kalman-Filter

Filter dienen der Beseitigung und Eingrenzung von Messfehlern in den Signalquellen. Ein Kalman-Filter (KF) ist ein modellgeführtes Filter. Es besteht daher immer aus einem Digital-Rechner-Anteil mit mathematischem Modell und mindestens einem zu modifizierenden digitalen Signalweg, der vom Filter-Ein- zum -Ausgang geführt wird (Abb. 7.6.3). Je nach der verwendeten Computertechnik kann sowohl das mathematische Modell beliebig komplex als auch die Anzahl der zu bearbeitenden Signale variiert werden. Die Summe aus den Verstärkungsfaktoren des Kalman-Filters (hier K1 und K2) muss immer den Wert 1 ergeben. Dabei können neben den Modellparametern auch diese Kalman-Verstärkungsfaktoren zeitvariant sein, beispielsweise abhängig von der Qualität des Messsignals. Zur Erreichung der notwendigen horizontalen Positionsgenauigkeit des Schiffes werden die Messsignale mit Hilfe der im Schiff konstanten Hebelarme der Sensorköpfe/-antennen sowie den aktuellen Neigungs-, Kurs- und Hiev-Messdaten korrigiert (Gl. 7.6.8).

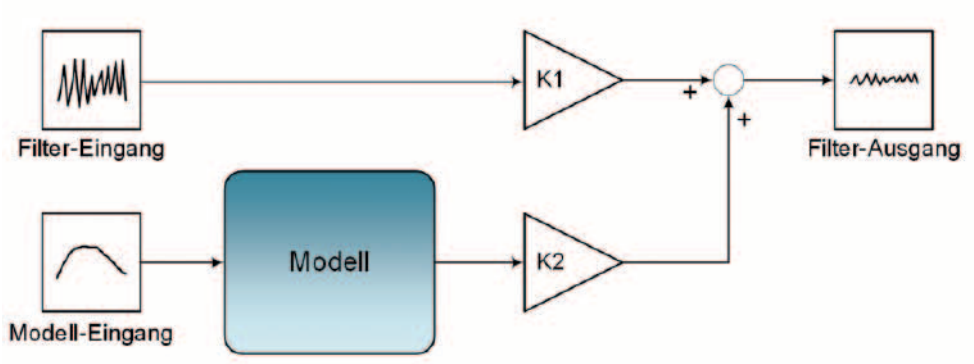


Abb. 7.6.3: Prinzip-Skizze eines Kalman-Filters

Neben der Variabilität seiner Struktur liegt der Vorteil des Kalman-Filters in seiner nahezu verzögerungsfreien Bereitstellung des Signalausganges. Aufgrund der heute zur Verfügung stehenden Rechnerleistung werden Kalman-Filter auch als Werkzeuge zur Online-Parameter-Schätzung, zur Sensorfusion, zur Fehlererkennung, zur Prozessvorhersage oder zur Prozesssimulation genutzt. In einem modernen DP-System findet man zahlreiche Anwendungen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Strömungssensoren werden wegen der Störung durch die eigenen Manövrierorgane nicht verwendet. Diese Parameter können durch das hydrodynamische Modell des Kalman-Filters aus der Differenz von aufzubringender und tatsächlich aufgebrachter Antriebsleistung berechnet werden.

7.7 Anwendungsbeispiel und Risiken

In der Abb. 7.7.1 wird die wohl am häufigsten verwendete DP-Nutzung dargestellt. Sie ist ab DP-Klasse 1 für die Versorgung der Plattform durchführbar. Beim Erreichen der Sicherheitszone wählt der DPO unter den zur Verfügung stehenden Positionsreferenzen mindestens zwei aus, um eine gesicherte Positionierung des Schiffes während der anstehenden Arbeiten zu gewährleisten. In die Anfahrt werden aktuelle hydrologische Bedingungen einbezogen und ein abgestimmter Notfallplan sieht die Maßnahmen bei Positionsverlust vor.

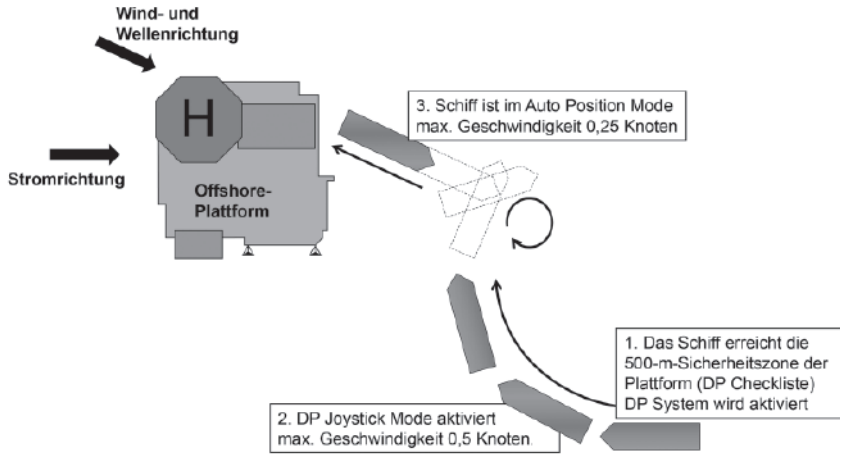


Abb. 7.7.1: Joystick- und Auto-Position-Modus bei der Anfahrt an eine Ölplattform

DP vermittelt wegen des integrierten KF für die meisten Anwendungen eine sehr hohe Genauigkeit und Verfügbarkeit (Abb. 7.6.1). Es wurde für die Langsamfahrt entwickelt und braucht eine hochgenaue technische Positionsreferenz, die mit ECDIS und DGPS nicht vorhanden ist. Dadurch kam es bereits zu Kollisionen mit Wasserbauwerken während Revierfahrten.

Die DP-Regelung soll das Schiff im Gleichgewicht halten. Allen nicht erfassten Kräften wirkt die Steuerung entgegen. Schlepper-Assistenz darf nur zur Absicherung von Systemausfall angenommen werden. Kombinierte Manöver mit Schlepper, Leine und Anker dürfen nur im reinen *Joystick Mode* (2) oder manuell ausgeführt werden. Schlepperführer sollten sich daher über den aktuellen DP-Modus nach Abschnitt 7.4 des Fahrzeuges erkundigen.

Es wird bei weiterer Verbreitung von DP-Schiffen erwartet, dass sich die Integration mit der sonst üblichen Brückenausstattung verbessern wird. Eine Darstellung in ECDIS oder Multi-Funktionsgeräten auf der Brücke [7.4.1] oder auch die Verknüpfung von AIS- oder ARPA-Targets in den Follow-Target-Modus könnte helfen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

8 Meteorologie und Grundlagen der Ozeanografie

Ralf Brauner

8.1 Grundlagen der Meteorologie

8.1.1 Luftdruck

Luft besitzt wie jedes andere Gas eine Masse, die damit ein Gewicht ausübt. Infolge der unterschiedlichen Ein- und Ausstrahlung auf der Erde besitzen die Luftmassen verschiedene Temperaturen, sodass ihre Dichte schwankt. Diese horizontalen und vertikalen Temperaturunterschiede sind wichtig für die Luftbewegungen. Eine Luftsäule übt durch ihr Gewicht auf eine unter ihr liegende Fläche eine Kraft aus, was als Druck definiert ist. Die Einheit des Druckes ist das Pascal (Pa). 1 Pa entspricht dem Druck, den eine Kraft von 1 Newton (N) auf einen Quadratmeter Fläche ausübt. In der Erdatmosphäre befinden sich über jedem Quadratmeter Erdoberfläche ungefähr 10000 kg Luft. Die Schwerkraft übt daher eine Beschleunigung von fast 10 m/s^{-2} aus und somit herrscht an der Erdoberfläche ein Luftdruck von ca. 100000 Pascal. Da die Einheit Pascal unhandlich ist, verwendet man Hektopascal (hPa), wobei 1000 hPa der früheren Einheit mit 1000 mbar entsprechen. Der Normaldruck auf der Erdoberfläche beträgt 1013,2 hPa.

Als Messgerät für den Luftdruck werden meist Aneroidbarometer verwendet. Sie arbeiten mit luftleeren Metalldosen. Der Luftdruck, der von außen auf diese Dosen wirkt, verformt sie; dies wird über einen Zeigermechanismus angezeigt. Bei Druckanstieg werden die Dosen zusammengedrückt. Solche Aneroidbarometer werden auch für Barografen verwendet, die den Luftdruck auf Diagrammpapier aufzeichnen [8.1.1].

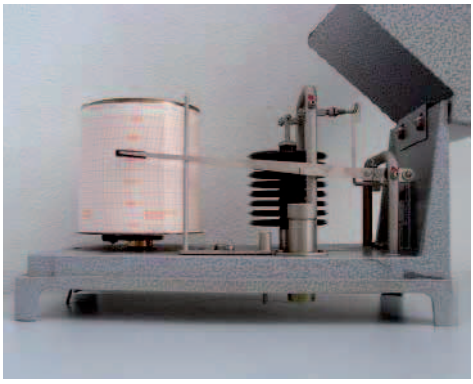


Abb. 8.1.1 und 8.1.2: Barograf und digitales Barometer
Quelle: Meteorologischer Hafendienst Hamburg, Deutscher Wetterdienst

Auf Schiffen werden zunehmend digitale Barometer/-grafen eingesetzt. Diese haben eine erstaunliche Präzision und mit ihnen lässt sich auch der Luftdruckverlauf gut dokumentieren.

Bei Wetterbeobachtungen wird der Luftdruck in Barometerhöhe und reduziert auf Meereshöhe angegeben, da er sich um etwa ein Hektopascal pro acht Meter Höhenunterschied ändert. Dazu ist das Barometer an Bord entsprechend zu kalibrieren. Erst so lassen sich Luftdruckunterschiede in einer Wetterkarte vergleichbar darstellen. Als Luftdruckextreme sind etwa Werte von 873 hPa (in einem Taifun) und 1084 hPa (im sibirischen Winterhoch) gemessen worden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Prinzipiell ist bei der Luftdruckmessung auf Schiffen in Fahrt zu beachten, wie sich das Schiff relativ zum Druckgebilde bewegt. Sind die Zugbahn eines Tiefdruckgebiets und der Kurs des Schiffes entgegengesetzt, verstärkt sich der Luftdruckfall. Deshalb ist ein Merksatz wie der, dass auf dreistündige Luftdruckänderungen von mehr als 10 hPa meist schwerer Sturm folgt, nur bedingt anwendbar. Fährt das Schiff vor dem Tiefdruckgebiet mit einem Kurs, der in etwa der Verlagerungsrichtung des Tiefs entspricht, ist der Luftdruckfall abgeschwächt. Aufgrund des „abgeschwächten" Luftdruckfalls würde man auf eine schwächere Tiefdruckentwicklung schließen.

In den gemäßigten Breiten gibt es zwei verschiedene Formen des täglichen Luftdruckganges. In einem stationären Hoch mit geringen Druckänderungen von Tag zu Tag ist ein von der Tageszeit abhängiger Druckverlauf festzustellen. Es tritt eine Doppelwelle mit Druckmaxima in der ersten Nachthälfte und vormittags sowie mit Minima in der zweiten Nachthälfte und nachmittags auf. Die Amplitude beträgt allerdings nicht einmal 1 hPa. Befindet man sich in einer Wetterlage mit einem Wechsel von Hoch- und Tiefdruckgebieten, wird der tägliche Luftdruckgang des ungestörten Wetters völlig von den Druckgebilden überlagert. In den Tropen erreicht die 24-stündige Druckwelle Amplituden von mehr als dem doppelten Wert.

8.1.2 Wind

Je stärker der Luftdruckunterschied zwischen zwei Orten ist, desto stärker weht der Wind. Linien gleichen Luftdrucks sind Isobaren (siehe Abb. 8.1.3). Isobaren werden in Wetterkarten international in einem Abstand von 5 hPa oder teilweise auch 4 hPa eingezeichnet. Je enger demnach Isobaren beieinanderliegen, desto größer ist das Druckgefälle und umso stärker ist der Wind.

Wo immer in der Atmosphäre horizontale Druckunterschiede auftreten, sind horizontale Luftbewegungen die Folge. Ist der Luftdruck an irgendeinem Punkt höher als in dessen Umgebung, wird eine Kraft wirksam, die vom höheren zum tieferen Druck gerichtet ist. Sie ist umso größer, je größer die Druckunterschiede sind. Die Kraft, die die Luft vom höheren zum tieferen Druck strömen lässt, ist die Druckgradientkraft. In den Betrag dieser Druckgradientkraft gehen also die horizontalen Druckdifferenzen und die Entfernung zwischen den Gebieten mit höherem und tieferem Druck ein. Sie bewirkt, dass Luftteilchen vom höheren zum tieferen Druck in Bewegung gesetzt werden.

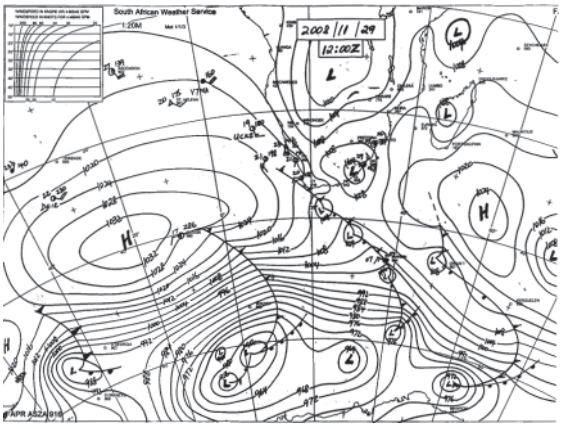


Abb. 8.1.3: Linien gleichen Luftdrucks werden als Isobaren in einer Bodenwetterkarte (SAWS) dargestellt

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Dass sich ein Luftteilchen nicht direkt vom Hoch zum Tief bewegt, was ja auch schnell zum Ausgleich bestehender Druckunterschiede führen würde, liegt an der rotierenden Erde. Sie bewirkt eine Richtungsablenkung aller großräumigen, relativ zur Erdoberfläche erfolgenden Bewegungsvorgänge. Dieser Effekt wird als Corioliskraft bezeichnet.

Die Corioliskraft wächst gleichmäßig mit der Windgeschwindigkeit an. Sie ist proportional zur Winkelgeschwindigkeit der Erde und auch abhängig von der geografischen Breite. Am Pol ist sie am größten und null am Äquator. Die Corioliskraft wirkt senkrecht zur Windrichtung (in Strömungsrichtung gesehen), und zwar nach rechts auf der Nordhalbkugel und nach links auf der Südhalbkugel. Alle Bewegungen auf der Nordhalbkugel werden daher nach rechts abgelenkt.

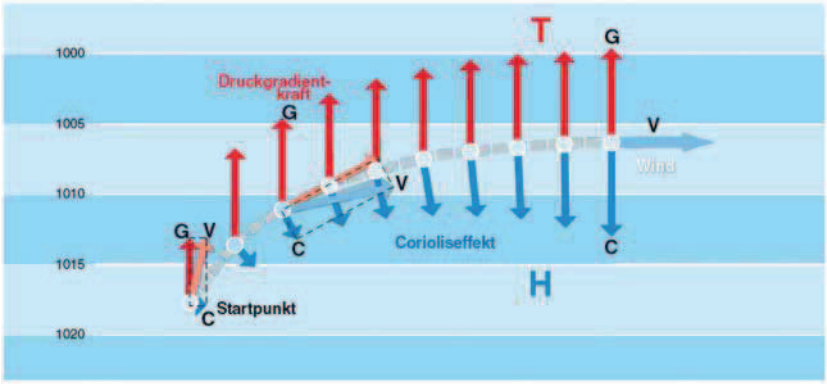


Abb. 8.1.4: Wirkung des Corioliseffekts **Quelle: [8.1.1]**

Die Wirkungsweise des Corioliseffekts kann mit der Abb. 8.1.4 veranschaulicht werden. Im Startpunkt eines Luftteilchens wirkt die Druckgradientkraft G mit einer Beschleunigung zum tiefen Druck. Setzt sich das Luftteilchen in Bewegung, bewirkt die einsetzende Corioliskraft C eine Ablenkung nach rechts, sodass sich eine resultierende Windgeschwindigkeit V ergibt. Die weiteren Kräfteparallelogramme verdeutlichen, wie die Luftbewegung durch den Corioliseffekt immer weiter in Richtung der Isobaren abgelenkt wird. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit nimmt auch die Corioliskraft zu. In dem Augenblick, da C die Druckgradientkraft G in Richtung und Betrag genau ausbalanciert (in gemäßigten Breiten nach einigen Stunden), hat sich ein stabiles Gleichgewicht eingestellt. Der resultierende Wind wird als geostrophischer Wind (Abb. 8.1.5) bezeichnet. Er weht auf der Nordhalbkugel so, dass der tiefe Druck zur Linken (Rücken zum Wind) und der hohe Druck zur Rechten liegt.

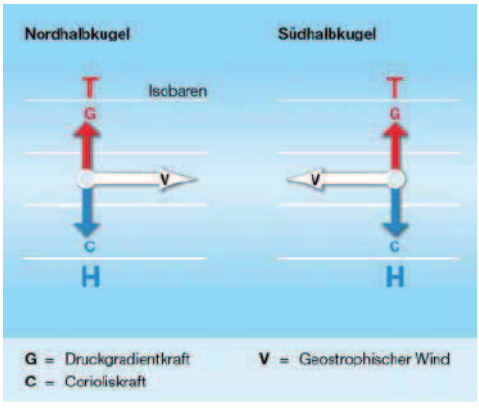


Abb. 8.1.5: Geostrophischer Wind **Quelle: [8.1.1]**

Auf der Südhalbkugel ist es umgekehrt. Dieser Zusammenhang heißt barisches Windgesetz. Bei der Eintragung von Winddaten in Wetterkarten wird diese Regel berücksichtigt: Die Fiedern zur Kennzeichnung der Windstärke werden stets in Richtung zum tieferen Druck hin gezeichnet; also auf der Nordhalbkugel zur linken, auf der Südhalbkugel zur rechten Seite des Windpfeils (mit dem Rücken zum Wind).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Da die Isobaren aber nicht immer gradlinig sind, kommt eine weitere Kraft hinzu – die Zentrifugalkraft. Das Produkt aus Corioliskraft, Druckgradientkraft und Zentrifugalkraft ist der Gradientwind. Die Zentrifugalkraft wirkt vom Drehzentrum nach außen. Daher wirkt bei zyklonaler Krümmung die Zentrifugalkraft entgegengesetzt zur Druckgradientkraft. Da die Corioliskraft balancierend wirkt, ist die Windgeschwindigkeit reduziert und somit geringer (subgeostrophisch) als beim gradlinigen Verlauf der Isobaren. Bei antizyklonaler Krümmung (um ein Hoch) addieren sich Druckgradientkraft und Zentrifugalkraft und der Wind ist erhöht (supergeostrophisch). Daher ist beim Betrachten einer Bodenwetterkarte zu beachten, dass nicht nur der Isobarenabstand, sondern zusätzlich auch die Krümmung entscheidend ist.

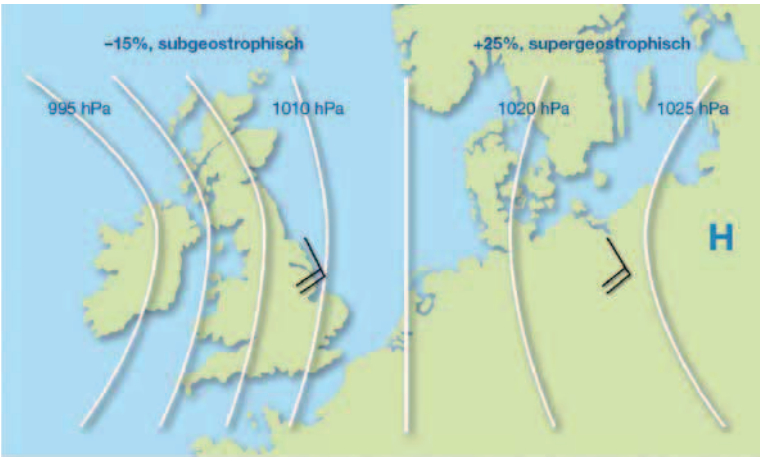


Abb. 8.1.6: Gradientwind, Effekt der Krümmung **Quelle: [8.1.1]**

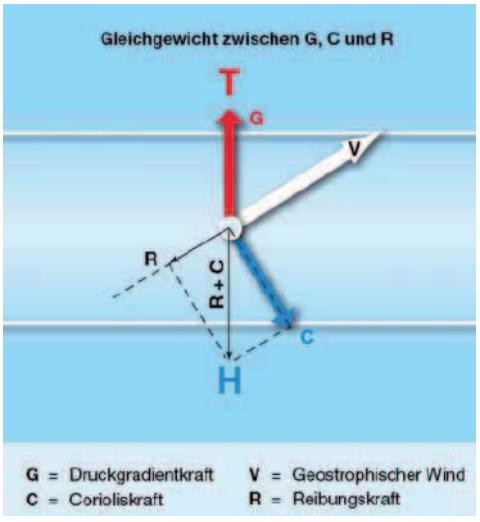


Abb. 8.1.7: Wirkung der Reibung: G = Druckgradientkraft, V = Wind, C = Corioliskraft, R = Reibungskraft **Quelle: [8.1.1]**

Neben der Zentrifugalkraft ist noch ein weiterer Effekt wichtig. Beim geostrophischen Wind weht der Wind parallel zu den Isobaren. In Bodennähe ist dies nicht der Fall, hier ist der Wind durch die Bodenreibung etwas rückgedreht, siehe hierzu das in der Abb. 8.1.7 dargestellte Kräfteparallelogramm. Ist die Bodenreibung sehr stark, ist auch der Winkel größer. Über See beträgt er etwa 10 bis 25°. Dadurch weht der Wind auf der Nordhalbkugel linksherum (gegen den Uhrzeigersinn) in ein Tief hinein und rechtsherum (im Uhrzeigersinn) aus dem Hoch heraus.

Die Windrichtung wird als 8-teilige Skala (N, NW, W, SW, S, SE, E, NE) in 45°-Stufen angegeben, und zwar aus der Richtung, aus der der Wind weht. Bei Südwestwind kommt die Luft also aus Südwesten. Bei Stationsmeldungen von Wetterstationen wird die 16-teilige Auflösung in 22,5° Stufen verwendet, also N, NNE, NE, usw.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Zur Messung der Windgeschwindigkeit benutzt man die Einheiten m/s oder kn (Knoten) oder auch km/h. Im Bereich der Seefahrt wird aber meistens die 13-teilige Windstärkenskala (0–12) verwendet.

Beaufortskala	Knoten	m/s	km/h
0	1	0,0 – 0,2	1
1	1 – 3	0,3 – 1,5	1 – 5
2	4 – 6	1,6 – 3,3	6 – 11
3	7 – 10	3,4 – 5,4	12 – 19
4	11 – 15	5,5 – 7,9	20 – 28
5	16 – 21	8,0 – 10,7	29 – 38
6	22 – 27	10,8 – 13,8	39 – 49
7	28 – 33	13,9 – 17,1	50 – 61
8	34 – 40	17,2 – 20,7	62 – 74
9	41 – 47	20,8 – 24,4	75 – 88
10	48 – 55	24,5 – 28,4	89 – 102
11	56 – 63	28,5 – 32,6	103 – 117
12	> 63	> 32.7	> 118

Knoten = Seemeilen pro Stunde (1 Seemeile = 1852 Meter)
m/s = Meter pro Sekunde
km/h = Kilometer pro Stunde

Abb. 8.1.8: Einheiten der Windgeschwindigkeit

In Bodenwetterkarten werden Windrichtung und -stärke eingetragen, wie in der Abb. 8.1.9 ersichtlich. Der Strich zeigt in die Richtung, aus der der Wind weht. Die Windstärke wird durch Fieder gekennzeichnet. Eine Windfieder bedeutet 2 Bft, eine halbe 1 Bft. Bei Vorhersagekarten (z. B. im Internet) oder GRIB-Daten (siehe Kap. 8.5.5) wird hingegen oft anders verfahren. Hier bedeutet eine Fieder 10 Knoten. Das kann zu großen Unterschieden führen. Bei zwei Fiedern ergeben sich nach der Beaufortskala 4 Windstärken, 20 Knoten sind jedoch die obere Grenze der Windstärke 5.

Stufe	Beaufortskala
0	Windstille
1	Leiser Zug
2	Leichter Zug
3	Schwacher Wind
4	Mäßiger Wind
5	Frischer Wind
6	Starker Wind
7	Steifer Wind
8	Stürmischer Wind
9	Sturm
10	Starker Sturm
11	Orkanartiger Sturm
12	Orkan

Abb. 8.1.9: Beaufortskala

Bei den Windvorhersagen ist zu beachten, dass der angegebene Mittelwind für eine Höhe von 10 m über Wasseroberfläche gilt. Zur Windmessung wird das Anemometer verwendet. Da die Windgeschwindigkeit stark mit der Höhe zunimmt, ist die Messung nicht ganz unproblematisch. Daher sollte das Windmessgerät nach Möglichkeit auf eine Höhe von 10 m über der Wasseroberfläche kalibriert werden. Zu unterscheiden ist dabei auf jeden Fall wahrer Wind und scheinbarer Wind. Bei einer Messung sollte der wahre Wind ermittelt werden. Der wahre Wind lässt sich aus dem scheinbaren Wind und der Schiffsgeschwindigkeit bestimmen.

Bei der Windmessung im Hafen ist zu bemerken, dass bei ablandigem Wind die Verhältnisse auf der freien See deutlich höhere Windgeschwindigkeiten aufweisen können, da die Boden-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

reibung über Land stärker und die Windgeschwindigkeit reduziert ist. Weht der Wind auflandig, spiegelt die Messung im Hafen etwa die Verhältnisse auf der freien See wieder.

Ist keine Windmessanlage vorhanden, lässt sich die Windstärke anhand von Beobachtungen des Seegangs nach der Einteilung der Beaufortskala beurteilen und die Richtung des Windes anhand der Verlagerung der Wellenzüge mit dem Kompass bestimmen.

8.1.3 Lufttemperatur

Die Lufthülle, in der sich das gesamte Wettergeschehen abspielt, wird Troposphäre genannt. Sie erstreckt sich in den mittleren Breiten bis in eine Höhe von 10 bis 12 km. Der obere Rand wird als Tropopause bezeichnet. In den polaren Regionen liegt die Tropopause bei 5 bis 7 km, in den Tropen bei 14 bis 17 km. Bis zur Tropopause nimmt die Lufttemperatur im Mittel stetig ab. Oberhalb der Tropopause nimmt in der Stratosphäre die Temperatur wieder zu, was sich aus der Ozonschicht ergibt. Dort finden chemische Reaktionen mit den UV-Strahlen des Sonnenlichts statt, wobei Wärme freigesetzt wird.

Lufttemperaturen werden mit einem Thermometer in Grad Celsius (°C) gemessen. Es hat als Fixpunkte die Temperatur schmelzenden Eises und den Siedepunkt von Wasser bei einem Luftdruck von 1013,2 hPa. Die Temperatur des Schmelzpunktes bezeichnet man mit 0°C, die des siedenden Wassers mit 100°C. Besonders in Nordamerika wird auch noch in Fahrenheit gemessen. Die Maßeinheit ist hier °F.

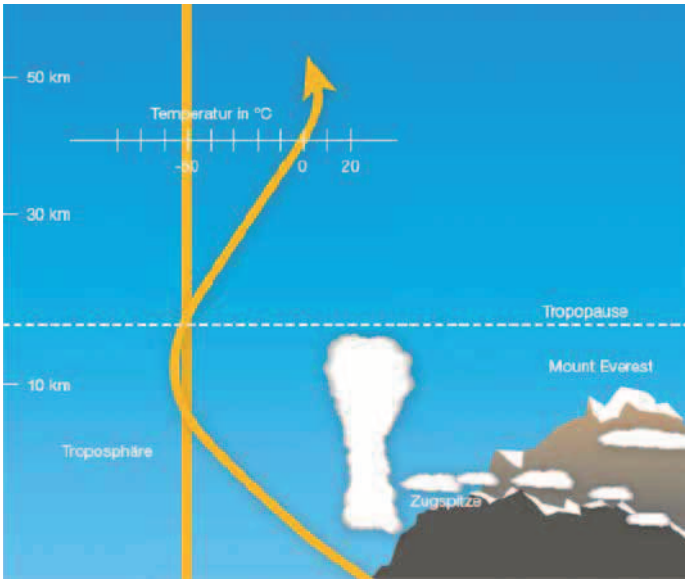


Abb. 8.1.10: Aufbau der Atmosphäre **Quelle: [8.1.1]**

Umrechnen lassen sich Temperaturen von Fahrenheit nach Celsius mit folgender Formel:

$$°F \text{ in } °C: T(°C) = 5/9 \cdot (T[°F] - 32) \quad (8.1.1)$$

Verwendet werden meist Quecksilberthermometer oder auch mit Alkohol gefüllte. In der Praxis haben sich auch elektrische Thermometer durchgesetzt. Grundsätzlich ist zu beachten, dass Messungen mit dem Thermometer nicht durch Sonneneinstrahlung verfälscht werden sollten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Daher sollte die Messung im Schatten stattfinden. Auch sollte der Platz gut belüftet sein, wie etwa die Brückennock, damit die Temperatur nicht in „gestauter“ Luft gemessen wird.

8.1.4 Luftfeuchte

Die Luftfeuchte, der Wasserdampf in der Luft, spielt besonders im Zusammenhang mit Nebel und schlechten Sichten eine wichtige Rolle. Wasserdampf ist ein durchsichtiges und farbloses Gas, das als Beimengung in der Luft enthalten ist. Trockene Luft besteht aus 78 Volumenprozent Stickstoff, 21 Volumenprozent Sauerstoff und etwa 1 Volumenprozent Edel- und Spurengasen. Wasser tritt in der Atmosphäre als Gas (Wasserdampf), Flüssigkeit (Regentropfen, Nebeltröpfchen, Tau) oder in fester Form (Hagel, Graupel, Schneekristalle) auf. Beim Übergang von einem Aggregatzustand in einen anderen wird Wärme verbraucht oder gewonnen. Der maximal mögliche Wasserdampfgehalt (Sättigung) in der Luft hängt allein von der Temperatur ab. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen. Als praktische Größe für die Luftfeuchte wird in der Seefahrt die relative Feuchte verwendet. Sie ist das Verhältnis des augenblicklichen (gemessenen) Wasserdampfgehaltes zum möglichen Höchstwert bei einer bestimmten Temperatur und wird in Prozent angegeben. Dazu ein Beispiel: Bei einer Temperatur von 25° C kann 1 m^3 Luft maximal 23 g Wasser aufnehmen. Werden 11,5 g Wasser in der Luft gemessen, dann ergibt sich die relative Feuchte zu:

$$11{,}5/23 \cdot 100\,\% = 50\,\%\ \text{relative Feuchte} \qquad (8.1.2)$$

Durch Abkühlung oder Erwärmung der Luft verändert sich die absolute Feuchte. Da kalte Luft weniger Wasserdampf aufnehmen kann als warme, ist ihre Sättigungsfeuchte niedriger als bei warmer Luft. Die Temperatur, auf die die Luft abgekühlt werden muss, damit der Sättigungswert des Wasserdampfes erreicht wird, wird mit Taupunkt bezeichnet. Es ist die Temperatur, bei der sich durch Abkühlung Tau infolge Kondensation niederschlägt. Die höchsten gemessenen Taupunkte werden in den Tropen angetroffen; sie liegen bei maximal 25 bis 27° C. Überschreitet der Taupunkt 16° C, wird dies bereits als Schwüle empfunden [8.1.2].

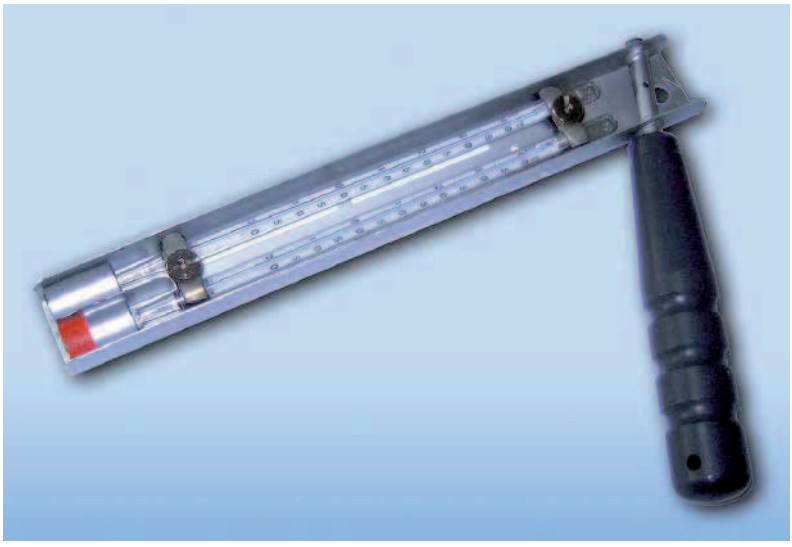


Abb. 8.1.11 und 8.1.12: Schleuderpsychrometer und digitales Hygrometer zur Messung der Luftfeuchte **Quelle: Meteorologischer Hafendienst Hamburg, Deutscher Wetterdienst**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Es ist nicht einfach, an Bord die Luftfeuchtigkeit zu messen. Verwendet wird häufig noch das aus zwei Thermometern bestehende Schleuderpsychrometer. Das eine Thermometer wird mit einem Leinengewebe überzogen und mit Wasser angefeuchtet. Dieses Thermometer wird der umgebenden Luft ausgesetzt. Zur schnelleren Abkühlung wird es in ventilierte Luft gehalten oder in der Luft geschleudert. Wegen der entstehenden Verdunstungskälte zeigt dieses „feuchte" Thermometer eine im Vergleich zum „trockenen" Thermometer niedrigere Temperatur an. Wenn sich nach etwa zwei Minuten Ventilation die Verdunstungskälte am Thermometer und die Wärmezufuhr durch die vorbeiströmende Luft im Gleichgewicht befinden, sinkt die Temperatur nicht weiter, sondern bleibt konstant. Mit Hilfe dieser Feuchttemperatur und der tatsächlichen Lufttemperatur, der Trockentemperatur, können Taupunkt und relative Feuchte der Luft aus einer Psychrometertabelle entnommen werden. Nach und nach werden die Schleuderpsychrometer an Bord durch kompakte digitale Geräte ersetzt werden.

8.1.5 Nebel

Von der relativen Feuchte hin zur Nebelbildung ist es nur ein kleiner Schritt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Luftmasse zur Kondensation (100 %) zu führen, z. B. durch Zufuhr von Feuchtigkeit, Mischung von Luftmassen mit hoher Luftfeuchtigkeit oder Abkühlung der Luft.

Abb. 8.1.13: Warmwassernebel

Abb. 8.1.14: Kaltwassernebel

Nebel ist in der Schifffahrt eine wichtige Wettergröße. Nebel ist eigentlich eine am Boden aufliegende Wolke vom Typ Stratus. In der Schifffahrt wird dann von Nebel gesprochen, wenn die horizontale Sichtweite weniger als 1000 m beträgt. Nebeltröpfchen sind sehr fein, im dichten Nebel haben sie größere Durchmesser und es kann Sprühregen oder Schneegriesel beobachtet werden.

Nebelarten gibt es viele, die für die Schifffahrt wichtigen sind der Strahlungsnebel sowie Warm- und Kaltwassernebel. Strahlungsnebel bildet sich überwiegend nachts oder in den Morgenstunden bei klarem oder nur gering bewölktem Himmel über Land. Er tritt vor allem auf, wenn ein großer Unterschied zwischen den Tages- und den Nachttemperaturen vorherrscht und dabei relativ wenig Wind weht. Der Erdboden gibt nach Sonnenuntergang durch Ausstrahlung Wärme an obere Luftschichten ab. Die Lufttemperatur der bodennahen Schichten nimmt ab und erreicht ihren Taupunkt, wo die Kondensation/Nebelbildung einsetzt. Strahlungsnebel über Land kann durch Wind auf See verdriften und führt zur raschen Sichtverschlechterung insbesondere in Küstennähe, Flussmündungen oder auch engen Durchfahrten zwischen Inseln. Im Sommer wird er durch stärkere Sonneneinstrahlung rasch aufgelöst.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Über See dominant sind aber eher die jahreszeitlich bedingten Nebelarten Warmwasser- und Kaltwassernebel. Der Warmwassernebel entsteht, wenn kalte Luft über warmes Wasser strömt. Durch Verdunstung an der Wasseroberfläche kommt es bei einer hohen Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser zur Kondensation. Auf beiden Halbkugeln der Erde tritt dieser Nebel jeweils im Herbst in den gemäßigten Breiten auf, da dann das Wasser noch relativ warm ist. Der Warmwassernebel löst sich auf, sobald die Sonne die Luftmassen über dem Meer erwärmt. Mit Kaltwassernebel muss im Frühjahr der jeweiligen Halbkugel gerechnet werden, wenn warme und feuchte Luftmassen über das noch kalte Meer geführt werden. Die Luft wird unter den Taupunkt abgekühlt. Es kommt zur Kondensation, der Kaltwassernebel entwickelt sich. Im Gegensatz zum Warmwassernebel trägt die Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung nur wenig dazu bei, den Nebel aufzulösen, denn die Wassertemperatur bleibt nahezu unverändert. Da das Meer nicht so rasch erwärmt werden kann, hilft beim Kaltwassernebel nur ein Wechsel der Luftmasse. Es muss eine deutlich trockenere Luftmasse herangeführt werden, damit die Nebelsituation beendet wird. Kaltwassernebel ist aber auch das ganze Jahr über in Seegebieten anzutreffen, in denen warme Luft über kalte Meeresströmungen weht. Bekannte Gebiete dafür sind die Grand Banks vor Neufundland, wo der kalte Labradorstrom nach Süden strömt. Auch der kalte Kalifornienstrom und der Humboldtstrom produzieren viel Kaltwassernebel (siehe Kap. 8.6.2).

Schlechte Sichten können nicht nur durch Nebel oder starken Niederschlag hervorgerufen werden, sondern auch durch Staub. Beispielsweise kann im Mittelmeerraum mit der Luftmasse transportierter Saharastaub die Sichtweite stark vermindern.

8.1.6 Wolken

Im vorigen Abschnitt wurde bereits Nebel als eine am Boden aufliegende Wolke beschrieben. Die Wolkenbildung ist fast immer mit aufsteigender Luft verbunden. Dabei gelangt Luft in kältere Schichten und wird unter den Taupunkt abgekühlt. Damit es überhaupt zur Kondensation kommt, und das gilt auch für die Nebelbildung, müssen in der Luft Kondensations- oder Gefrierkerne vorhanden sein. Das können kleine Tröpfchen sein, in denen z. B. kleine Salzpartikel gelöst sind. Wird also Luft abgekühlt, ist mehr Feuchtigkeit in der Luft vorhanden und die Tröpfchen wachsen an. Bei Gefrierkernen (Kondensstreifen am Himmel entstehen durch den Verbrennungsausstoß der Treibwerke) wie etwa Quarzpartikeln lagert sich ebenfalls Wasser an. Bei Wolken findet man je nach Höhe und Temperatur der Luftmasse Wasserwolken, Eiswolken oder Mischwolken.

Bei stärker aufsteigender Luft entstehen Quellwolken (Cumuluswolken, auch Konvektions- oder Haufenwolken). Wird die Luft nur sehr langsam und großräumig gehoben, entwickeln sich Schichtwolken (Stratuswolken).

Quellwolken bilden sich meistens tagsüber, vor allem über Land, wenn die Sonne die Erdoberfläche erwärmt. Über See kann man sie aber auch beobachten, wie etwa in der Passatregion. Dabei steigt feuchte und wärmere Luft auf bis in eine Höhe, in der Wasserdampf kondensiert, es entstehen Wolkentröpfchen. Schichtwolken finden sich dagegen an und vor der Warmfront eines Tiefdruckgebietes, wo die warme Luft langsam auf die kalte Luft aufgleitet. Auch hier ist die Kondensation für die Wolkenbildung verantwortlich.

Wolken werden nach ihrem Erscheinungsbild in mehrere Typen eingeteilt. International wird in zehn Haupttypen (Gattungen) unterschieden: Cirrus (Ci), Cirrrocumulus (Cc), Cirrostratus (Cs), Altocumulus (Ac), Altostratus (As), Nimbostratus (Ns), Stratocumulus (Sc), Stratus (St), Cumulus (Cu) und Cumulonimbus (Cb). In der NP100 Mariner's Handbook [8.1.5] sind für die Bestimmung auf See hilfreiche Fotos von Wolken enthalten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

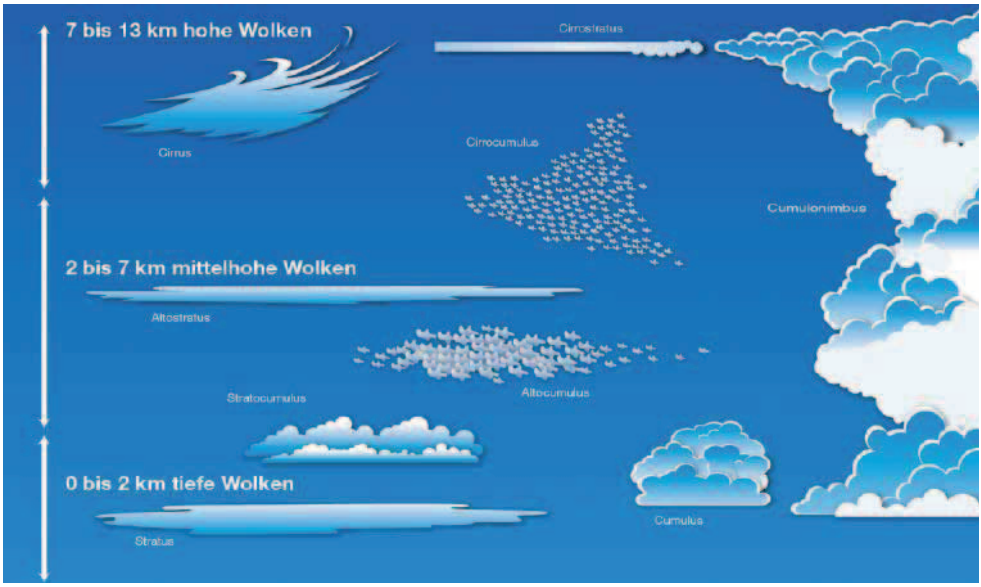


Abb. 8.1.15: Haupttypen der Wolken **Quelle: [8.1.1]**

Für weitere Arten, Unterarten und Sonderformen gibt es noch besondere lateinische Bezeichnungen, wie z. B. den Altocumulus opacus. Der Zusatz „opacus" bedeutet schattig oder dicht, mit anderen Worten: Die Sonne kann nicht mehr durch die Wolke scheinen.

Neben der Klassifikation werden die Wolken auch definierten Stockwerken zugeordnet. Zu unterscheiden sind drei: ein tiefes, ein mittleres und ein hohes Stockwerk. In den gemäßigten Breiten entsprechen dem tiefen Stockwerk Höhen von etwa 0 bis 2 km, dem mittleren 2 bis 7 km und dem hohen bis 13 km.

Hohe Wolken bestehen aus Eiskristallen, tiefe Wolken dagegen aus Wassertröpfchen. Wasserwolken sind wenig lichtdurchlässig. Sie erscheinen grau oder weiß. Eiswolken dagegen haben eine große Lichtdurchlässigkeit. Ihre Ränder sind unscharf, oft haben sie ein faseriges Aussehen.

8.2 Allgemeine Zirkulation und Westwinddrift

Verantwortlich für die Entstehung des Wettergeschehens ist in erheblichem Maße die Sonneneinstrahlung. Sie erwärmt aufgrund der annähernden Kugelform der Erde und der Neigung der Erdachse die Äquatorregionen stärker als die Pole.

Dadurch entsteht ein Temperaturgefälle vom Äquator zu den Polen, das durch Luft- und auch Meeresströmungen zu einem Ausgleich strebt. Diese Ausgleichsströmung verlagert die aufsteigenden warmen Luftmassen in Richtung Pol sowie kalte Luft in Richtung Äquator. Da der Erdball zusätzlich noch rotiert, ist die Zirkulation der Luftmassen aber etwas komplexer. Nördlich und südlich des Äquators finden sich Hochdruckgebiete (Subtropenhoch). Auf der Nordhalbkugel auf dem Nordatlantik trägt das Hochdruckgebiet den Namen Azorenhoch, da es über das Jahr gesehen seinen Schwerpunkt über der Inselgruppe der Azoren hat. Im Südatlantik ist es das St. Helena-Hoch. Zwischen dem Äquator und den Subtropenhochs wehen die Passatwinde. Auch über den Polen (Arktis und Antarktis) beobachtet man im Klimamittel ein Hochdruckgebiet, da hier kalte Luftmassen zum Boden absinken. Zwischen dem Hoch über

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

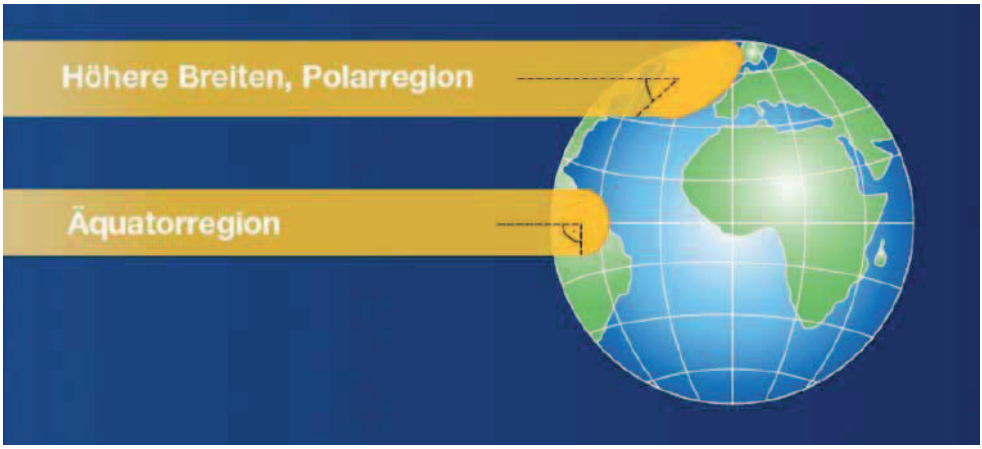


Abb. 8.2.1: Die Sonne erwärmt die Erde unterschiedlich stark **Quelle: [8.1.1]**

den Polen und dem Subtropenhoch treffen kalte arktische Luftmassen und warme Luftmassen aus dem Süden aufeinander. Die Grenzfläche zwischen Polarluft und gemäßigter Luft heißt Polarfront. Sie befindet sich auf beiden Halbkugeln je nach Jahreszeit zwischen 45° und 65°. Genau in dieser Zone entstehen die Tiefdruckgebiete. Ihre Aufgabe ist es, die kalten Luftmassen nach Süden und warme Luftmassen nach Norden zu verlagern.

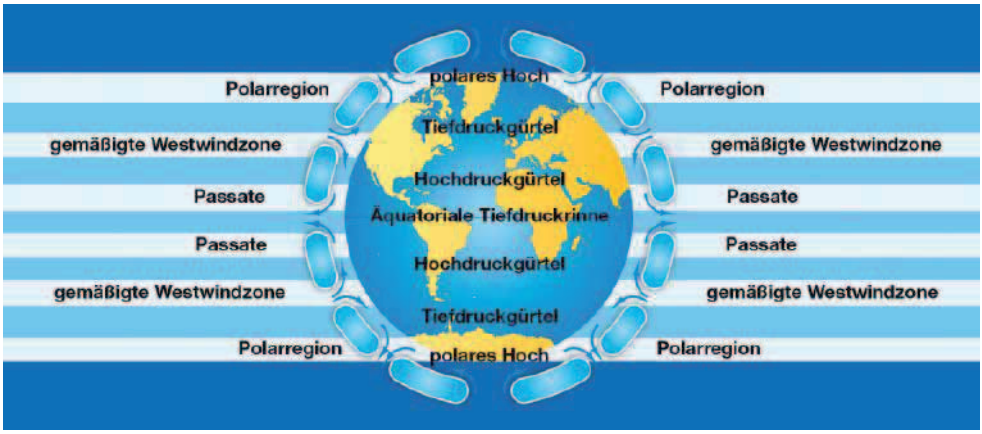


Abb. 8.2.2: Die Zirkulationszellen, Klimaregionen und Windsysteme auf der Erde **Quelle: [8.1.1]**

8.2.1 Tiefdruckgebiete an der Polarfront

Die Tiefdruckgebiete der Nord- und Südhalbkugel sind die „Mischmaschinen“ zwischen dem Subtropenhoch und dem Hochdruckgebiet über den Polen. An der Luftmassengrenze, der Polarfront, nehmen die Temperaturgegensätze immer mehr zu, so dass sich aus kleinen instabilen Temperatur- und Druckschwankungen Wellenbildungen an der Luftmassengrenze ergeben. Unter bestimmten Umständen entwickeln sich diese Wellen zu Tiefdruckgebieten. Tiefdruckgebiete haben, von ihrer Entstehung an der Polarfront bis sie sich „auffüllen“, einen typischen „Lebensweg“.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Entwicklung und Verlagerung der Tiefdruckgebiete, aber auch der Hochdruckgebiete, ist eng mit den Temperatur- und Strömungsverhältnissen in der mittleren und oberen Troposphäre (siehe Abb. 8.2.3) verbunden. Die Polarfront ist nicht nur am Boden ausgeprägt, sondern der horizontale Temperaturgegensatz lässt sich auch in der mittleren und oberen Atmosphäre analysieren. Derartige Gegensätze in der freien Atmosphäre werden auch als Frontalzone bezeichnet. Neben der Polarfront gibt es eine weitere Frontalzone, die Subtropenfront. Sie verläuft am Nordrande des Subtropenhochgürtels und trennt Luft der gemäßigten Breiten von subtropischen Luftmassen. Nahe der Tropopause findet man in großer Höhe an der Polar- und Subtropenfront ausgeprägte Starkwindbänder (Strahlstrom, Jetstream).

In den Höhenwetterkarten (siehe Abb. 8.2.3) werden nicht die Isobaren, wie in den Bodenwetterkarten, analysiert, sondern die Höhenlinien (Isohypsen) einer bestimmten Hauptdruckfläche. Sie verbinden Orte gleicher Höhe über NN in einer bestimmten Druckfläche. In einem Tief liegt auch die Druckfläche niedrig, d. h., die Isohypsen weisen einen tiefen Wert auf. Umgekehrt liegt im Hoch die Druckfläche hoch, die Topografie der Druckfläche besitzt hohe Werte. Die wichtigste Höhenwetterkarte ist die des 500-hPa-Niveaus. Die Druckfläche 500 hPa teilt die Atmosphäre – hinsichtlich der Masse – in zwei Hälften. Nach der Standard-Atmosphäre liegt sie in etwa 5,6 km Höhe. Ihre tatsächliche Höhe schwankt in den gemäßigten Breiten zwischen Werten unter 5 km bis zu 6 km über dem Meeresniveau. Die Isohypsen zeigen oft ein ausgeprägtes Wellenmuster mit veränderlichen Trögen (Ausbuchtung äquatorwärts) und Keilen (Ausbuchtung polwärts). Vereinfacht lässt sich sagen, dass deren Intensität und Verlagerung maßgeblich die Entwicklung und Verlagerung der Tief- und Hochdruckgebiete steuern.

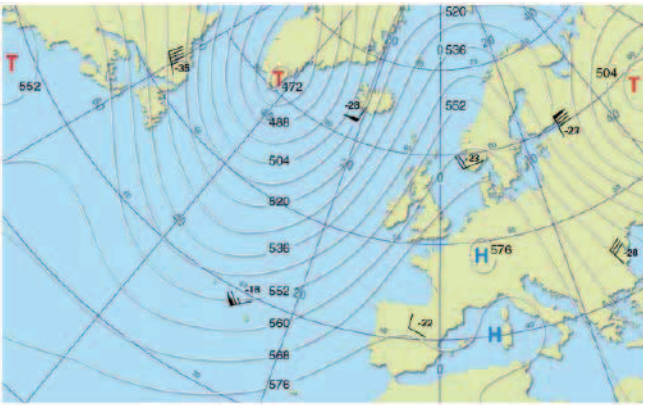


Abb. 8.2.3: Ausschnitt aus einer Höhenwetterkarte
Quelle: [8.1.1]

Der so genannte Trog oder Höhentrog hat eine räumliche Ausdehnung, die wie in der Abb. 8.2.3 dargestellt große Teile des Nordatlantiks abdeckt. Oft ist sie auch kleinräumiger mit 100 km bis hin zu mehreren 100 km. Der Trog verlagert sich zunächst mit der Höhenströmung. Gelegentlich kann die Verlagerung aber durch kräftige Warmluftzufuhr an den Flanken verzögert werden. Die beiden Hochkeile bewirken einen „Abtropfvorgang". Dieser *Cut-off*-Effekt lässt einen Kaltlufttropfen entstehen, dessen weitere Entwicklung und Verlagerung nur schwer vorhersagbar sind. Da auf seiner Rückseite wärmere Luftmassen in Richtung zum kalten Zentrum fließen, können sie auf die zentrumsnahe Kaltluft aufgleiten und zu lang anhaltenden Niederschlägen führen. In seinem Zentrum herrscht feuchtlabile Schichtung, die besonders im Sommer Schauer und Gewitter auslöst. Dagegen fließen auf seiner Vorderseite relativ kältere Luftmassen aus, sodass hier häufig gutes Wetter mit Absinken herrscht; gelegentlich treten einzelne Schauer auf.

Betrachtet man bei der Tiefentwicklung der Einfachheit halber nur die Entwicklung am Boden und zunächst nur auf der Nordhalbkugel, bildet sich im Anfangsstadium zunächst eine Welle (siehe Abb. 8.2.4a) aus. Das geschieht dort, wo die Entwicklung durch bestimmte Antriebs-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

mechanismen, wie etwa Hebungsvorgänge, in der Atmosphäre begünstigt ist. Dazu fällt der Luftdruck über dem Ort. Die Wellenbildung bewirkt, dass warme Luftmassen weiter nach Norden vordringen – es bildet sich an der Grenze der Luftmassen die Warmfront aus. Gleichzeitig schiebt sich von Norden kalte Luft nach Süden vor, sodass die Luftmassengrenze zur Kaltfront wird. Die Front ist also die vordere Grenze einer Luftmasse in Bewegungsrichtung.

Nicht jedes Tief, welches das Stadium der Wellenbildung erreicht hat, entwickelt sich weiter. Die vorher genannten Voraussetzungen müssen stimmen, damit nach der Welle das „ideale Tief" (siehe Abb. 8.2.4b) entsteht. Dabei darf nicht vergessen werden, dass während des gesamten Entwicklungsprozesses meist eine Verlagerung in östliche Richtungen erfolgt.

Besonders infolge der höheren Dichte der kalten Luft kommt die Kaltfront wesentlich schneller voran als die Warmfront. Bevor die Kaltfront die Warmfront einholt, nimmt die Warmluftmasse an der Südseite des Tiefs eine typische Form an, es entsteht der so genannte Warmsektor. Auf der Vorderseite des Tiefs gleitet die leichtere warme Luft auf die sich davor befindende kühlere und schwere Luft auf und wird dadurch gehoben. Somit kommt die warme Luft in kältere Regionen, der Kondensationsprozess setzt ein. Die damit verbundene Wolkenbildung erzeugt den mehrere hundert Kilometer breiten Aufgleitschirm mit einem ausgedehnten Niederschlagsgebiet.

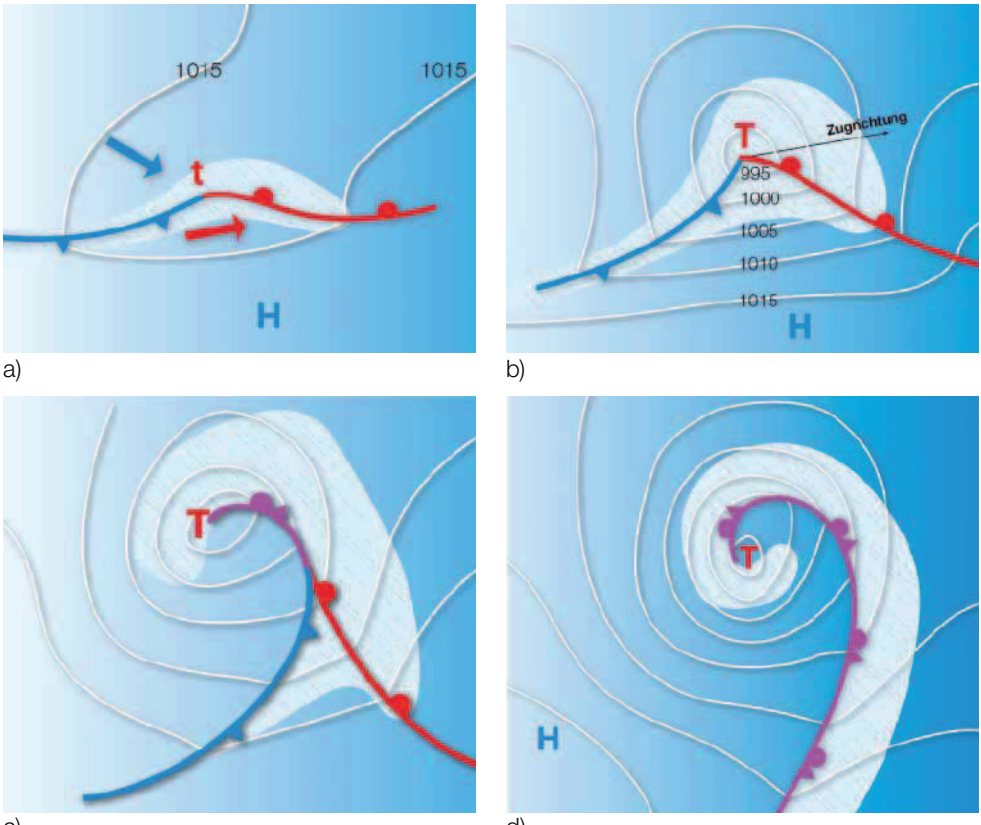


Abb. 8.2.4: Lebensweg eines Tiefs: (a) Wellenstadium, (b) ideales Tief mit Warm- und Kaltfront, (c) beginnende Okklusion, (d) Tief ist fast vollständig okkludiert **Quelle: [8.1.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

An der „klassischen“ Kaltfront des idealen Tiefs dagegen ist auf dem Satellitenbild nur ein sehr schmales Wolkenband zu erkennen. Nach der Passage der Kaltfront tritt „Rückseitenwetter“ ein, die Wolkendecke „reißt“ auf.

Da die Kaltluft den Kern des Tiefs schneller umrundet als die Warmluft, holt die Kaltfront die Warmfront ein. Dieser Vorgang beginnt nahe dem Kern, denn dort ist der Abstand zwischen der Warm- und Kaltfront am geringsten und setzt sich nach außen hin fort. Vom Tiefkern aus entsteht somit die Okklusionsfront, kurz Okklusion (siehe Abb. 8.2.4c) genannt. Manchmal wird stattdessen auch der Begriff „Ausläufer“ oder „Tiefausläufer“ verwendet. Dort, wo sich Warm- und Kaltfront „verzweigen“, liegt der Okklusionspunkt.

Der Okklusionspunkt wandert an der Kaltfront entlang nach außen, bis das Tief (siehe Abb. 8.2.4d) vollständig okkludiert ist. Mit dem Prozess der Okklusion schmilzt der Energievorrat, denn der Lieferant, der Temperaturgegensatz zwischen Warm- und Kaltluft, ist erschöpft. Das Tief hat seine Aufgabe erfüllt, warme Luftmassen polwärts und kalte Luftmassen in Richtung Äquator zu verlagern.

Verlagerung und Zugbahnen von Tiefdruckgebieten:

- Im Sommer ziehen die Tiefdruckgebiete normalerweise von West nach Ost auf einer nördlicheren Bahn als im Winter.
- Junge Tiefdruckgebiete bewegen sich in Richtung der Isobaren des Warmsektors und ein sich vertiefendes Tiefdruckgebiet (junges Tief) verlagert sich schneller als ein sich auffüllendes Tief.

Zuggeschwindigkeiten von Tiefdruckgebieten:

- Schnelle: 30–50 kn
- Mittlere: 15–30 kn
- Langsame: unter 15 kn

Die Westwinddrift ist auf der Nord- und Südhalbkugel unterschiedlich ausgeprägt. Das liegt zum einem daran, dass die Antarktis im Mittel kälter ist als die Arktis. Denn je größer die Unterschiede in den beteiligten Luftmassen sind, umso kräftiger sind die Tiefdruckentwicklungen. Zudem ist der Einfluss der Bodenreibung in der Westwindrift der Südhemisphäre geringer, denn nur die Südspitze Südamerikas sowie Teile von Australien und Neuseeland unterbrechen die Verlagerung der Tiefdruckgebiete um die Antarktis in östlicher Richtung. Deshalb haben die windigen Breiten der Südhalbkugel auch Namen wie die *Roaring Forties*. Es gibt eine Vielzahl von Berichten aus der Zeit der Segelschifffahrt über die „Brüllenden Vierziger“ *(Roaring Forties)* und die „Wütenden Fünfziger“ *(Furious Fifties)*. Die mittlere Windrichtung in den *Roaring Forties* schwankt um West, aber im aktuellen Wetter gibt es ebenfalls deutliche Änderungen in der Windrichtung. Das hängt damit zusammen, dass sich die Tiefdruckgebiete generell von Westen nähern. Wie auf der Nordhalbkugel gibt es Warm- und Kaltfronten, der Unterschied ist, dass der Wind im Uhrzeigersinn um ein Tief weht. Der Tatsache, dass ein Tief dem nächsten innerhalb kürzester Zeit folgt, verdanken diese Breiten ihren Ruf. Zwischen den Tiefs gibt es Zwischenhochkeile, die zwischen wenigen Stunden und bis zu mehreren Tagen andauern können.

8.2.2 Wettergeschehen um ein ideales Tief

Tiefdruckgebiete an der Polarfront haben einen typischen Wetterablauf besonders durch die Fronten. In der Abb. 8.2.5 ist, bezogen auf die Nordhalbkugel, ein Tiefdruckgebiet mit seinen Fronten dargestellt. Um typische Wetterabläufe zu betrachten, ist ein Schnitt durch (A-B) gelegt. Betrachtet man also die Wetterentwicklung entlang A-B, zieht der Kern des Tiefs nördlich, was typisch für die mittleren Breiten ist. Betrachtet man zunächst die Wolken- und Wet-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

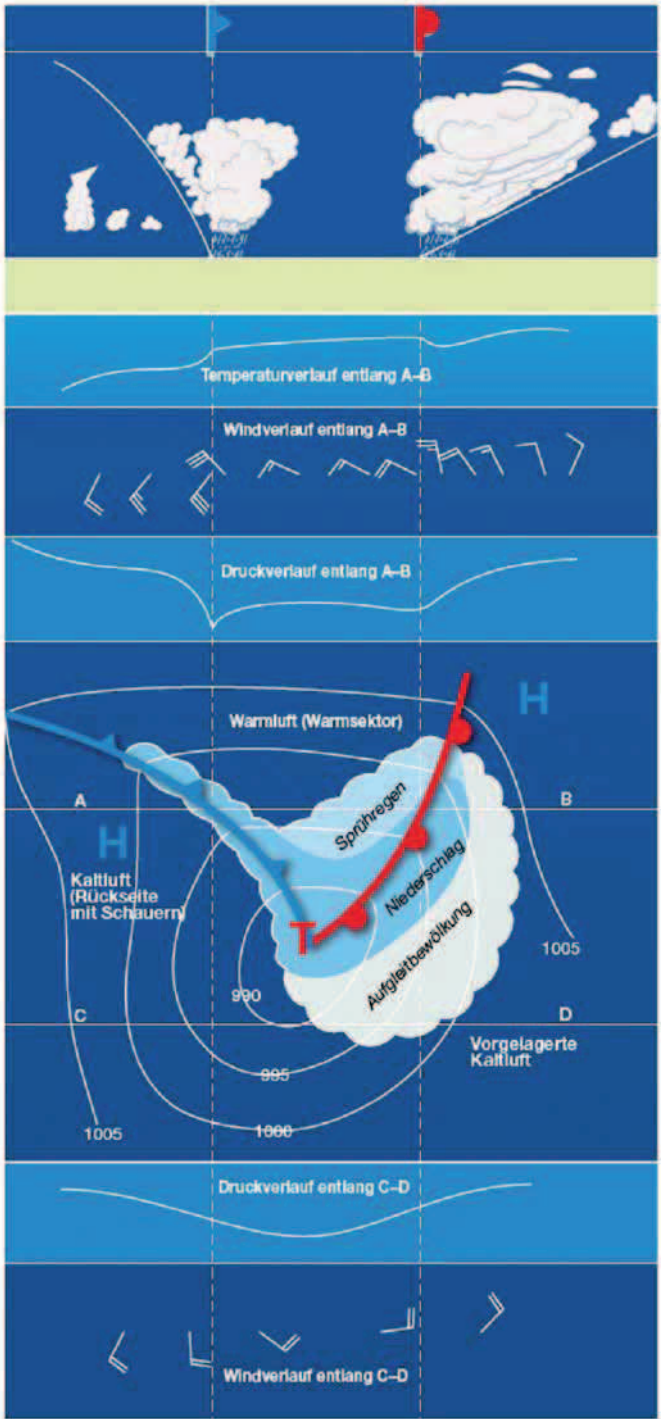


Abb. 8.2.5: Typisches Wetter um ein Tiefdruckgebiet auf der Nordhalbkugel **Quelle: [8.1.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

tererscheinungen, können als erste Anzeichen für das sich annähernde Tief bzw. die Warmfront aufziehende Cirruswolken (Ci) beobachtet werden. Diese ersten Wolken der Aufzugsbewölkung verdichten sich allmählich zum Cirrostratus (Cs). Mit dem Cirrostratus kann tagsüber manchmal ein Halo um die Sonne wahrgenommen werden. Dieser helle farbige Ring entsteht durch Brechung des Lichts an den Eiskristallen. Nachts ist bei gleichen Bedingungen ein Hof um den Mond sichtbar.

Da die Warmluft des Warmsektors auf die kalte Luft aufgleitet, sind die ersten Cirren schon weit vor der Warmfront am Boden in einem Abstand von 300 bis 400 Seemeilen zu beobachten. Wenn sich Tiefdruckgebiet und Warmfront z. B. mit etwa 20 kn verlagern, lässt sich daraus schließen, dass mit einer Warmfront verbundene Cirruswolken bis zu 20 Stunden vor dem Frontdurchgang am Boden die Wetterveränderung ankündigen. Es reicht nicht aus, nur aufgrund einer Cirrusbewölkung auf eine Wetterverschlechterung zu schließen. Selbst während einer lang anhaltenden Schönwetterperiode können Cirruswolken am Himmel vorhanden sein. Sie können beispielsweise auch im Zusammenhang mit einem Jetstream (sehr kräftiger Wind in der oberen Troposphäre) entstehen. Erst ein Seewetterbericht oder eine Bodenwetterkarte, in welcher die Annäherung der Warmfront zu erkennen ist, machen das Bild komplett. Die Cirrusbewölkung ist daher lediglich ein Indikator.

Bei weiterer Annäherung der „idealen“ Warmfront folgt im mittelhohen Stockwerk Altostratus (As), durch den anfangs noch die Sonne zu erkennen ist, der aber später in den kompakten Nimbostratus (Ns) mit länger andauerndem Regen („Landregen“) übergeht. Dadurch kommt es zu einer Sichtverschlechterung. Vor der Warmfront dreht der Wind auf südliche Richtungen und nimmt zu. Dazu kann der Luftdruckabfall gemessen werden, oder wie es sonst heißt: das Barometer fällt.

Nach der Passage der Warmfront lockert die Bewölkung im Warmsektor häufig auf. Meistens sind Stratocumulus (Sc) und Altocumulus (Ac) zu beobachten. Die Sicht ist mäßig oder es ist durch die warme und feuchte Luft auch noch diesig. In Küstennähe entstehen besonders im Frühjahr und Frühsommer durch das kalte Wasser häufig Nebel oder tiefer Stratus (Hochnebel). Der Wind dreht nach der Warmfront von Süd auf Südwest und weht nahezu parallel zu den Isobaren des Warmsektors. Meist nimmt er nach dem Frontdurchgang wieder etwas ab.

Wie schon vorher erwähnt, fällt der Luftdruck mit Annäherung der Warmfront. Vorsicht ist aber geboten, wenn anhand von dreistündigen Luftdrucktendenzen eine Windvorhersage vorgenommen wird, wie z. B.: Wenn der Luftdruck in drei Stunden um mehr als 10 hPa fällt, gibt es Sturm! Diese Regel trifft nur eingeschränkt zu. Wichtig ist, wie sich der Beobachter oder besser das Schiff relativ zur Zugbahn des Tiefs bewegt. Fährt das Schiff entgegen der Richtung des Tiefs, wird der an Bord gemessene Druckfall verstärkt. Dadurch wird bei der Anwendung der vorher genannten Regel auf „Sturm“ geschlossen, der zu erwartende Wind wird überschätzt. Ist der Kurs des Schiffes aber ähnlich der Zugbahn des Tiefs, wird der Luftdruckfall abgeschwächt. Das kann zu einer groben Fehleinschätzung führen, denn der zu erwartende Wind wird unterschätzt!

Betrachtet man weiter das Wetter entlang Schnitt (A-B) (siehe Abb. 8.2.5), folgt nun die Kaltfront mit ihren typischen Wettererscheinungen. Da das Bewölkungsband der Kaltfront nur sehr schmal ist, ist die „Vorwarnzeit“ durch Wolken nicht annähernd mit der der Warmfront vergleichbar. Etwa 100 bis 150 sm vorher kann oft Altostratus beobachtet werden. Kommt die Front heran, geht es meist sehr schnell. Regen setzt ein, der Luftdruck fällt wieder gering. Mit Passage der Kaltfront erreicht der Luftdruck den tiefsten Wert und steigt dann wieder deutlich an. Dazu dreht der Wind meist von Südwest auf Nordwest. Die Winddrehung kann durchaus Werte um 90 Grad annehmen.

Hinter der Kaltfront wird es oft wolkenlos. Erst in einem gewissen Abstand nach der Front bilden sich Haufen-/Quellwolken. Dann herrscht das typische Rückseitenwetter mit Schauern

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

und Gewittern. Im Bereich der Schauer- und Gewitterwolken (Cumulonimbus) muss mit einer erhöhten Böigkeit gerechnet werden. Während im direkten Bereich der Kaltfront, bedingt durch Regen, schlechte Sicht herrscht, werden danach ausgezeichnete Sichtverhältnisse angetroffen. Lediglich während der Schauertätigkeit wird sich die Sichtweite kurzzeitig verringern.

Zieht ein Tief auf der Nordhalbkugel südlich durch, ergibt sich ein anderer typischer Wetterablauf. Wie im Schnitt (C-D) dargestellt, dreht der Wind nicht sprunghaft durch die Warm- und Kaltfront, sondern gleichmäßig. Auch der Luftdruck fällt, bis der Kern nahezu südlich liegt, und steigt dann wieder an.

8.2.3 Trog

Insbesondere bei kräftigen Sturmtiefs können sich nach der Kaltfront oder Okklusion ein Trog oder mehrere Trogstaffeln ausbilden. Zu erkennen sind sie auf einer Bodenwetterkarte an der starken Isobarendrängung, die wellenförmig deformiert ist. Einfacher lässt sich sagen, dass ein Trog nichts anderes ist als eine „zweite Kaltfront". Falls sich ein Trog hinter der Kaltfront nähert, erfolgt die Abkühlung in der Kaltluft nach dem Trog (Nordhalbkugel). In Seewetterberichten wird nach schwachen Trögen, Trögen und markanten Trögen unterschieden. Sie haben eine räumliche Ausdehnung von 50 km bis zu mehreren 100 km. Tröge weisen ebenso wie Kaltfronten einen markanten Windsprung auf, meist ändert sich die Windrichtung bis zu 90°. Dabei dreht der Wind recht. Winde mit Böen bis zur Orkanstärke sind keine Seltenheit. Zudem können Gewitter und Kreuzseen auftreten. An Bord lässt sich ein herannahender Trog daran erkennen, dass der Luftdruck nach dem Durchgang der Kaltfront nicht ansteigt, sondern bereits kurz nach der Passage wieder leicht fällt. Auch der Wind dreht nicht recht um 90°, sondern behält seine Richtung annähernd bei und dreht oft sogar wieder leicht rück. Erst mit Trogpassage dreht der Wind recht und der Luftdruck steigt deutlich an.

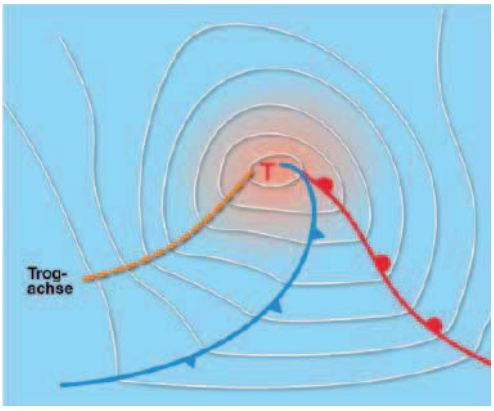


Abb. 8.2.6: Tiefdruckgebiet mit einer Troglinie auf der Nordhalbkugel **Quelle: [8.1.1]**

8.2.4 Randtief und Teiltief

Randtiefs entstehen an einer lang gestreckten Kaltfront eines umfangreichen Tiefs aus Wellen. Ausgangspunkt einer Wellenentwicklung ist ein Gebiet starker Auffächerung der Isobaren. Ob sich eine zunächst flache Welle intensiviert, hängt von den Temperaturunterschieden der beteiligten Luftmassen ab. Dann wird die Welle zu einem Randtief der alten Zyklone (Zentraltief). Das Randtief dreht ein, d. h., es zieht auf zyklonaler Bahn (auf der Nordhalbkugel entgegen dem Uhrzeigersinn) um das Haupttief herum, wobei es sich dessen Zentrum nähert. Je stärker sich das Randtief vertieft, umso größer ist seine Tendenz, von einer anfänglich eher geradlinigen Zugbahn auf einer zyklonal gekrümmten Bahn polwärts „einzudrehen".

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Häufig schwächt sich die alte, steuernde Zyklone ab, und das Randtief nimmt ihren Platz ein. Die Entwicklung eines Randtiefs verkörpert also die typische Zyklonenentwicklung an der Polarfront. An der Kaltfront des Randtiefs kann sich wiederum ein weiteres Randtief bilden und Zyklonenfamilien können durch eine Abfolge von Randtiefs an der Polarfront entstehen.

Bei dem Teiltief findet die neue Tiefentwicklung nicht an der Kaltfront statt, sondern am Okklusionspunkt. Anzeichen für eine Teiltiefbildung sind eine lang gestreckte Okklusion und eine starke Austrogung der Isobaren längs ihres Verlaufs. Das Teiltief dreht nicht wie das Randtief ein, sondern zieht meist auf antizyklonaler Bahn weiter und entfernt sich vom Haupttief (Ausscheren des Teiltiefs).

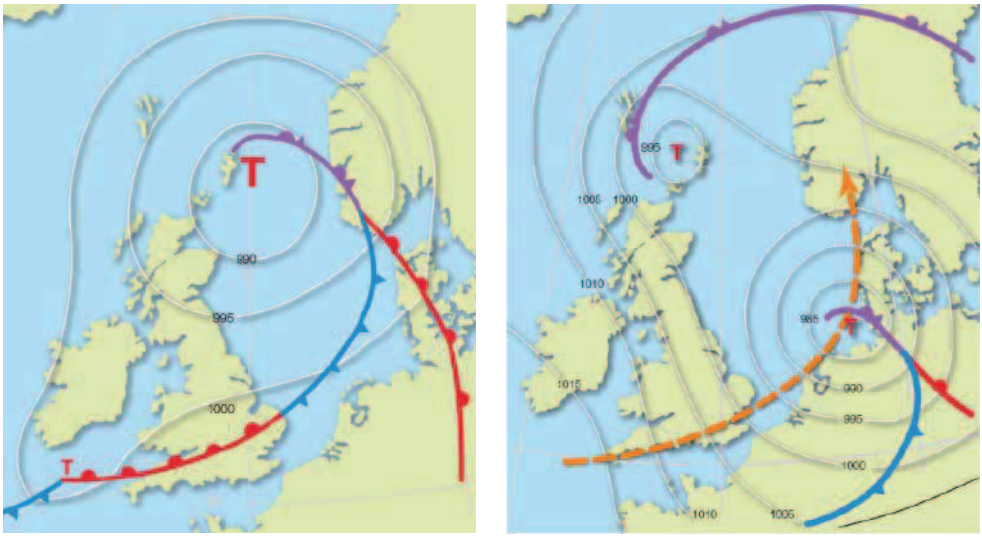


Abb. 8.2.7: Randtief und dessen Verlagerung um das Zentraltief **Quelle: [8.1.1]**

Bevorzugte Gebiete für die Teiltiefbildung sind die Südspitzen lang gezogener meridionaler (Nord-Süd-verlaufender) Gebirgszüge, zum Beispiel Kap Farvel (Südspitze Grönlands), das Skagerrak (auf der Leeseite des südnorwegischen Gebirges) oder auch die Südspitze Südamerikas.

Auch die Biskaya ist für Teiltief- und Randtiefentwicklungen bekannt. Sie bringen im Seegebiet einen raschen Wetterwechsel, oft begleitet von Sturm oder Orkan. Auf ihrem Weg ostwärts treffen sie meist ohne Vorwarnung auf die Westküsten Frankreichs und führen zu plötzlichen Änderungen in der Wettervorhersage in West- und Mitteleuropa.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

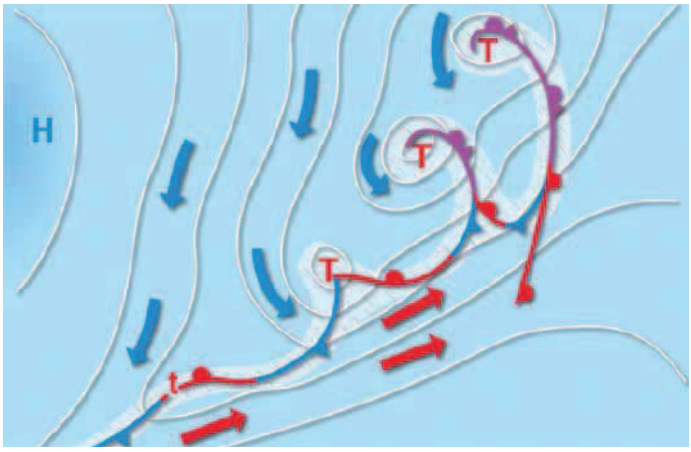


Abb. 8.2.8: Zyklonenfamilie an der Polarfront **Quelle: [8.1.1]**

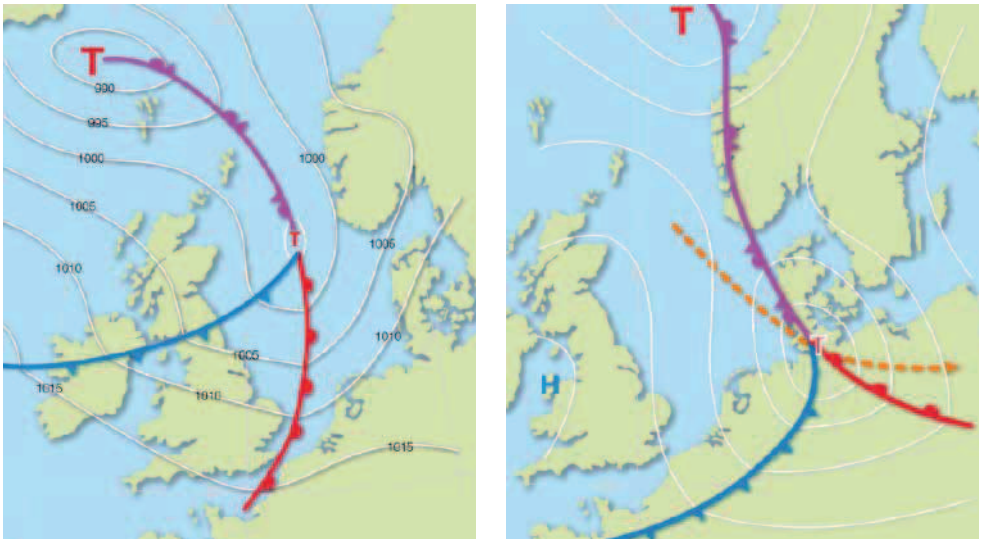


Abb. 8.2.9: Ein Teiltief hat sich am Okklusionspunkt entwickelt und schert auf antizyklonaler Bahn aus **Quelle: [8.1.1]**

8.2.5 Hochdruckgebiete

Die stationären/steuernden Hochdruckgebiete (Antizyklonen) im Atlantik sind das Azorenhoch auf der Nordhalbkugel, im Südatlantik hat es den Namen St. Helena-Hoch. Diese Hochdruckgebiete sind sehr umfangreich und verlagern sich im Mittel nur sehr langsam mit den Jahreszeiten. An der Südflanke des über einen längeren Zeitraum stationären Azorenhochs befindet sich das Gebiet der Passatwinde. Dort entwickeln sich auch die Wirbelstürme/Hurrikane.

Die West- und Ostflanke eines Hochs haben, wie in der Abb. 8.2.10 dargestellt, generell einen sehr typischen aber auch sehr unterschiedlichen Wettercharakter. Die Westflanke eines Hochs wird häufig von Tiefs und deren Ausläufern beeinflusst. Hier werden bodennah und auch in höheren Schichten feuchte, warme und zugleich auch wolkenreiche Luftmassen herange-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

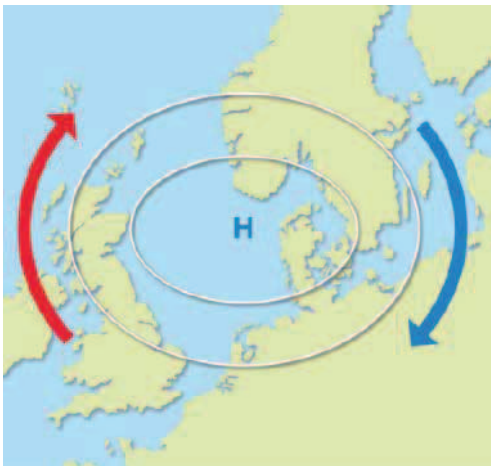


Abb. 8.2.10: Luftmassen um ein steuerndes Hoch auf der Nordhalbkugel

führt. Es muss mit Regen gerechnet werden, zum Teil auch länger andauernd. Die Sicht ist oft schlecht oder diesig und mit den herannahenden Tiefs weht der Wind frisch bis stark, zum Teil auch stürmisch aus südlichen Richtungen. An der Ostflanke dagegen strömen mit nordwestlichen Winden kühlere Luftmassen nach Süden. Die Luft ist meist trocken und die Sicht daher gut. Gerät die Luft über relativ warmes Wasser, bilden sich flache Quellwolken, zum Teil auch vom Typ Cumulunimbus mit Schauern und Gewittern.

Während das Azorenhoch über dem Meer zuhause ist, gibt es auch Hochdruckgebiete, die sich bevorzugt über den Kontinenten aufhalten. Diese ebenfalls stationären und sehr umfangreichen Hochdruckgebiete bilden sich vorzugsweise im Winter über den großen Landmassen der nördlichen Breiten. Sie sind außerordentlich kalte Druckgebilde. Am stärksten ist das winterliche Sibirische Hoch. Die Verlagerung und auch die Intensität der kalten stationären Hochdruckgebiete sowie die von einer Hitzeperiode begleiteten sommerlichen stationären Hochs über den Kontinenten bringen in der Wettervorhersage oft Schwierigkeiten mit sich. Diese Ω-Wetterlagen dauern typischerweise 10 bis 14 Tage an und die Tiefdruckgebiete werden in der Form eines Omegas um das Zentrum des Hochs herumgeführt. Die Wettervorhersagemodelle unter- oder überschätzen oft die Intensität und Verlagerung, so dass die Perioden oft um einige Tage oder sogar Wochen länger andauern können.

Während stationäre/steuernde Hochdruckgebiete im Sommer und auch im Winter eine über Wochen beständige Witterung bringen, schaffen es wandernde Hochdruckgebiete nur einige Tage lang. Noch kürzer ist der Einfluss des Zwischenhochs, das sich oft keilförmig zwischen zwei Tiefdruckgebiete schiebt. Auf der Nordhalbkugel wird an dessen Ostflanke noch Kaltluft auf der Rückseite des vorhergehenden Tiefdruckgebietes nach Süden transportiert. An der Westflanke werden dagegen schon wieder warme Luftmassen vor dem nächsten Tiefdruckgebiet herangeführt. Die Verlagerung der Zwischenhochdruckgebiete oder Hochkeile entspricht der Zuggeschwindigkeit der flankierenden Tiefdruckgebiete. Sowohl an der West- als auch an der Ostflanke können sich im Zusammenhang mit kräftigen Tiefdruckgebieten in unmittelbarer Nähe zum Zentrum des Hochdruckgebietes Gebiete mit Starkwind oder Sturm ausbilden. Unter bestimmten Voraussetzungen kann sich der temporäre Zwischenhochkeil in ein steuerndes Hoch umwandeln.

Prinzipiell gilt für Hochdruckgebiete, dass in ihnen die Luftmassen absinken. Eine Ursache dafür ist der Bodenwind, der auf der Nordhalbkugel im Uhrzeigersinn aus dem Hoch (Antizyklone) herausweht. Dadurch werden aus dem Hoch bodennah „Luftmassen“ entführt. Dieser Verlust wird durch Zufluss in höheren Atmosphärenschichten ausgeglichen.

Überwiegt der bodennahe Massenabfluss dem Zugang aus höheren Schichten, fällt der Luftdruck und das Hoch schwächt sich ab. Sinken dagegen mehr Luftmassen aus höheren Luftschichten ab, als bodennah abgeführt werden, kann man am Barometer einen steigenden Luftdruck ablesen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Ohne eine äußere Wärmezufuhr erwärmt sich die absinkende Luft. Da „wärmere“ Luft eine größere Menge Wasserdampf enthalten kann, verringert sich durch die Absinkbewegung die relative Feuchte. Daher lösen sich Wolken unter Hochdruckeinfluss normalerweise auf. Manchmal setzt sich die Abwärtsbewegung der Luft allerdings nicht bis zum Boden durch. In der Höhe, in der die Erwärmung aufhört, bildet sich eine Sperrschicht, die Inversion. Unmittelbar unterhalb der Inversion sammelt sich Feuchte. Ist die relative Feuchte hoch genug bildet sich eine Hochnebeldecke/tiefer Stratus aus. Besonders in der kalten Jahreszeit kann in Landnähe die Nebeldecke bis zum Boden anwachsen. Dieses hat ein trübes Wetter zur Folge.

8.2.6 Regionale Windsysteme

Im Mittelmeer ist insgesamt die Häufigkeit von Sturmentwicklungen geringer als in den gemäßigten Breiten. Stürme sind, abgesehen von den regionalen Windsystemen Mistral und Bora, meist nur von kurzer Dauer und geringer Ausdehnung.

Bei einer Mistrallage befindet sich häufig ein Tief über dem Golf von Genua. Über der Biskaya/Spanien befindet sich meist ein kräftiger Keil des Azorenhochs. Zwischen diesen beiden Drucksystemen wird mit nord- bis nordwestlichen Winden durch das Garonne-Tal und den Rhône-Graben kalte Luft bis über den Löwengolf geführt. In der kalten Luft bilden sich über dem relativ warmen Mittelmeer besonders in der kälteren Jahreszeit kräftige Schauer und Gewitter mit starken Böen. Bei Mistral werden oft Böen von 10 bis 11 Bft gemessen. Bezogen auf das gesamte Mittelmeer treten mittlere Windstärken von 8 Bft und mehr am häufigsten im Löwengolf auf.

Abb. 8.2.11: Übersicht regionaler Windsysteme im Mittelmeer **Quelle: [8.1.1]**

Der Mistral kann zu jeder Jahreszeit auftreten, findet vor allem im Winter und Frühjahr statt, wenn die Kaltluftvorstöße von Norden her häufig sind. Im Februar ist der Golfe du Lion eines der sturmreichsten Seegebiete der Erde, vergleichbar mit den winterlichen Bedingungen bei Kap Hoorn, wo sogar weniger schwere Stürme und Orkane (Bft 10 bis 12) auftreten.

Die mittlere Dauer des Mistrals beträgt dreieinhalb Tage. Vor Mistral wird in der Regel rechtzeitig durch die nationalen Wetterdienste über NAVTEX (siehe Kap. 8.5.3) gewarnt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Bora ist ein regionales Windsystem in der Adria. Notwendig für das Auftreten von Bora sind ein kräftiges Hoch über Mittel- und Nordeuropa sowie tiefer Druck über dem westlichen Mittelmeer. Oft entwickeln sich bei Bora-Wetterlagen über der Adria zusätzlich Tiefdruckgebiete, wodurch der Wind aus östlichen Richtungen beträchtlich verstärkt wird. Sind Tiefdruckgebiete mit dabei, treten neben heftigen Sturmböen Regen oder Gewitter mit Hagel auf. Da außerdem der Wind quer über die Adria zur italienischen Küste weht, die keinen Schutz bietet, sind Bora-Wetterlagen besonders für Segelboote äußerst gefährlich. Die Bora tritt besonders häufig und stark in den Wintermonaten auf. Oft dauert sie weniger als zwei Tage, manchmal kann sie aber auch fünf Tage und länger andauern. Selbst im Sommer treten in seltenen Fällen überraschend Böen um 50 kn auf. Allgemein wird an der adriatischen Küste die Böigkeit durch den Mechanismus der kalten Fallwinde (wodurch die Bora allgemein bekannt ist!) sowie durch Ecken- und Düseneffekte der Berge verstärkt.

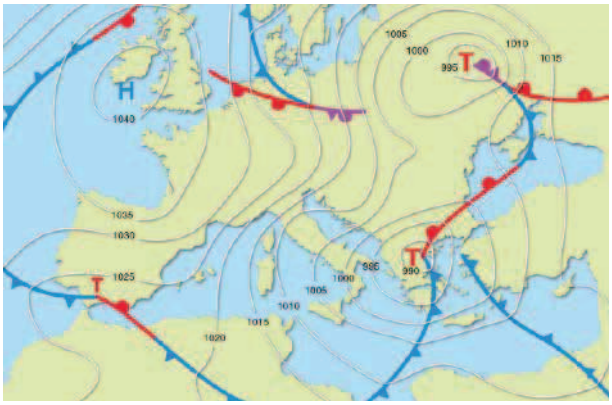


Abb. 8.2.12: Mistralwetterlage **Quelle: [8.1.1]**

Abb. 8.2.13: Wetterlage für Etesien **Quelle: [8.1.1]**

Unter den Etesien (Meltemi) versteht man die überwiegend nordöstlichen Winde in der nördlichen Ägäis und nordwestliche Winde im Südosten nahe Rhodos sowie an der türkischen Südküste. Mit den Etesien wird meist trockene Luft herantransportiert, deshalb herrschen sehr gute Sichten und wolkenloser Himmel vor. Bei Etesien handelt es sich um ein regionales Windsystem, welches nur während der Sommermonate eine hohe Beständigkeit hat, und zwar von Mai bis September, mit maximalen Windstärken im Juli und August. Mittlere Winde bis Sturmstärke werden dabei erreicht. Entsprechend den Windrichtungen in der nördlichen und südlichen Ägäis sind für das Entstehen ein hoher Luftdruck über Süd- und Osteuropa oder dem westlichen Mittelmeer und ein Tiefdruckgebiet (Hitzetief) über Asien, speziell Kleinasien, verantwortlich.

Der Scirocco beeinflusst im Unterschied zu den vorher beschriebenen regionalen Windsystemen das gesamte Mittelmeer. Entstehungsgebiete sind die Wüsten Nordafrikas und Arabiens. Da er im gesamten Mittelmeerraum auftritt, hat er in den Küstengebieten der einzelnen Regionen eigene Namen, z. B. Chili in Marokko, Algerien und Tunesien oder Leveche in Südostspanien. Die maximale Häufigkeit dieser Entwicklungen liegt in den Monaten April und Mai. Der Scirocco weht auf der ganzen Vorderseite eines in der Regel über der Sahara entstandenen Tiefs. Über der Sahara werden bei starken

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Bodenwinden über der Wüste große Staubmengen in die Luft getragen. Diese Tiefs ziehen über das Mittelmeer, wobei Ost- bis Südostwinde bis Sturmstärke beobachtet werden. In unmittelbarer Küstennähe sind das reine Sandstürme mit Sichtreduzierung bis auf 100 m. Bei oft starkem Niederschlag findet sich an Deck oft der feine rote Staub wieder, welcher sich auch nach mehrmaliger Wäsche nur schwer entfernen lässt. Speziell der Golf von Genua ist bei Sturm aus südlichen Richtungen stark gefährdet. Hier treten im Hafen von Genua oft erhebliche Schäden auf, da Wasserstandsänderungen von 3 bis 4 m nicht selten sind.

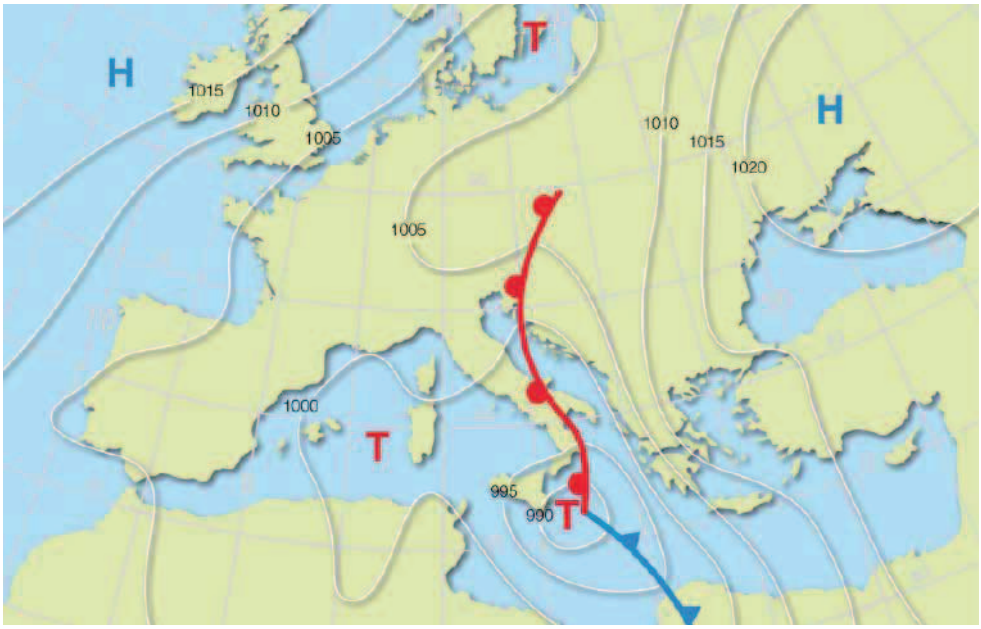


Abb. 8.2.14: Wetterlage für Scirocco **Quelle: [8.1.1]**

Bezeichnend für das südliche Australien und Tasmanien ist der *Southerly Buster*, eine typische Begleiterscheinung eines kräftigen Tiefs. Er beginnt mit einer plötzlichen Windrichtungsänderung von Nordwest (Vorderseite des Tiefs) auf Süd bis Südwest nach Passage einer Kaltfront und einem starken Temperaturabfall. Die Änderung in der Lufttemperatur kann bis zu 20 °C betragen. Wenn der Luftdruck dazu stark ansteigt, erreicht der Wind oft Sturmstärke und es bilden sich Wolken mit Böenwalzen und Gewittern aus.

Der *Pampero* an der Küste Argentiniens und Uruguays ist vergleichbar mit dem *Southerly Buster* bei Australien. Eine intensive Böenwalze trennt warme von kalter Luft auf der Rückseite eines Tiefs. Diese Böenwalze kann bei der Annäherung eines *Pamperos* beobachtet werden. Bei der Passage des *Pampero* treten Böen mit Orkanstärke auf [8.2.2].

8.2.7 Kap-, Düseneffekt und Küstenführung

Während der Wind auf der freien See weitgehend ungestört weht, wird in Landnähe das Windfeld in Richtung und Stärke oft verändert. Dazu zählen der Kap- und Düseneffekt sowie die Küstenführung. Beim Düseneffekt werden die Luftmassen durch eine Querschnittsverengung zwischen zwei Landzungen oder Inseln gedrückt. Bekannt sind dafür die Straße von Bonifazio, die Straße von Dover und die Straße von Gibraltar. Die Änderungen in der Windstärke können

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

bis zu 4 Bft-Stufen ausmachen. Besonders beeindruckend ist auch der Kapeffekt. Er lässt sich selbst bei nur flachen Kaps beobachten [8.2.3].

Abb. 8.2.15: Beim Düseneffekt werden die Luftmassen durch eine Querschnittsverengung gedrückt und beschleunigt **Quelle: [8.1.1]**

Wie in der Abb. 8.2.16 ersichtlich, wird der Wind um das Kap nach Südosten abgelenkt. Zunächst wird der Wind im Luv vom Kap geführt, dadurch kommt es zu einer Ablenkung und Zunahme des Windes. Dieser Effekt wird als Küstenführung bezeichnet. Direkt am Kap erreicht der Wind seine höchste Geschwindigkeit. Im Lee des Kaps ist er stark verwirbelt, manchmal treten hier auch Fallwinde auf. Das Windfeld wird sich im Lee des Kaps in einem Abstand von mindestens dem Zehnfachen der Höhe des Kaps wieder „normalisieren". Oft bildet sich im Lee eines Kaps durch Unterdruck ein Leetief. Dadurch ist der Wind dort oft umlaufend und schwach. Liegt man beispielsweise im Hafen im Bereich des Leetiefs, sind die dort beobachteten Windverhältnisse stark verfälscht.

8.2.8 Wettererscheinungen an Küsten

Abb. 8.2.16: Direkt am Kap wird der Wind stark beschleunigt, in Lee ist er verwirbelt und daher zum Teil umlaufend **Quelle: [8.1.1]**

Wie in Kapitel 8.1.2 beschrieben, wird der Wind durch die Bodenreibung rückgedreht. Da die Reibung über der See geringer ist als über Land, ist dort der Ablenkungswinkel geringer. Diese unterschiedlichen Reibungsverhältnisse haben an Küsten bei auf- oder ablandigen Windverhältnissen Folgen. Liegt wie in der Abb. 8.2.17 nördlich der Nordsee ein Tiefdruckgebiet und der Wind weht an der ostfriesischen Küste ablandig aus Südwest, wird der Wind aufgrund der geringeren Reibung über See rechtdrehen. Das führt zu einer Konvergenz der Strömungen und aufsteigender Luft mit Wolkenbildung über dem Wasser im Abstand von der Küste. Weht der Wind auflandig, wie an der belgischen Küste, ergibt sich die Konvergenz landeinwärts und somit auch die Wolkenbildung über dem Land.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

8.2.9 Gewitter und Wasserhosen

Abb. 8.2.17: Wettererscheinungen an Küsten aufgrund unterschiedlicher Reibungsverhältnisse
Quelle: [8.5.2]

Bei Gewittertätigkeit treten recht kurzfristig Böen bis zur Orkanstärke und Blitzschlag auf. Dazu können Graupel, Hagel und Starkniederschlag die Sicht stark reduzieren.

Unterschieden wird bei den Gewittern in Luftmassen- und Frontgewitter. Luftmassengewitter entstehen bei intensiver Sonneneinstrahlung. Durch den Tagesgang der Sonneneinstrahlung tritt vor allem im Sommer zur Nachmittagszeit bodennah Überhitzung auf. So erreicht die dann einsetzende Hebung der warmen Luft große Höhen. Dadurch entstehen Cumulonimbuswolken, aus denen sich Schauer und häufig auch Gewitter entwickeln können. Luftmassengewitter bilden sich dann häufig in großen Gebieten aus, die Ausdehnung der einzelnen Gewitterzellen mit 5 bis 10 km ist aber relativ gering.

Gute Vorboten nachmittäglicher Gewitter sind mittelhohe Wolken mit zinnenartigen Formen (Altocumulus castellanus). Den Altocumulus castellanus (siehe Abb. 8.2.19) kann man bereits in den frühen Morgenstunden und vormittags beobachten. Durch die Sonneneinstrahlung verschwindet er aber meist bis zum Mittag wieder.

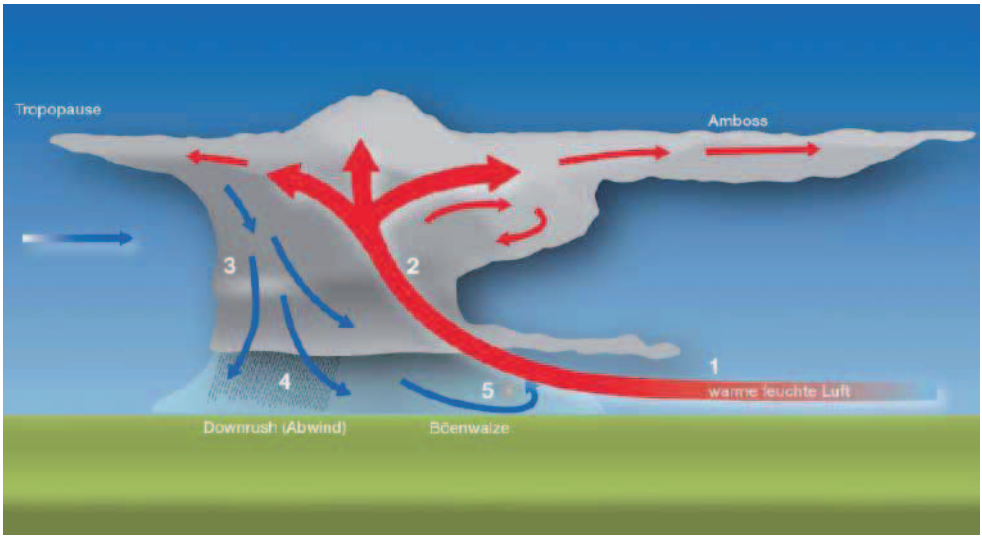


Abb. 8.2.18: Eine Gewitterwolke im Querschnitt (Cumulonimbus). Die blauen Pfeile sind Böen (bis zu Orkanstärke), die den Boden erreichen. **Quelle: [8.1.1]**

Nachts schwächen sich die Luftmassengewitter ab, weil die Überhitzung von unten nachlässt. Im Sommer und Herbst muss aber nachts über den küstennahen Seegebieten immer wieder mit auflebenden Gewittern gerechnet werden, da im Sommer die relativ warme See als Wärmequelle wirkt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

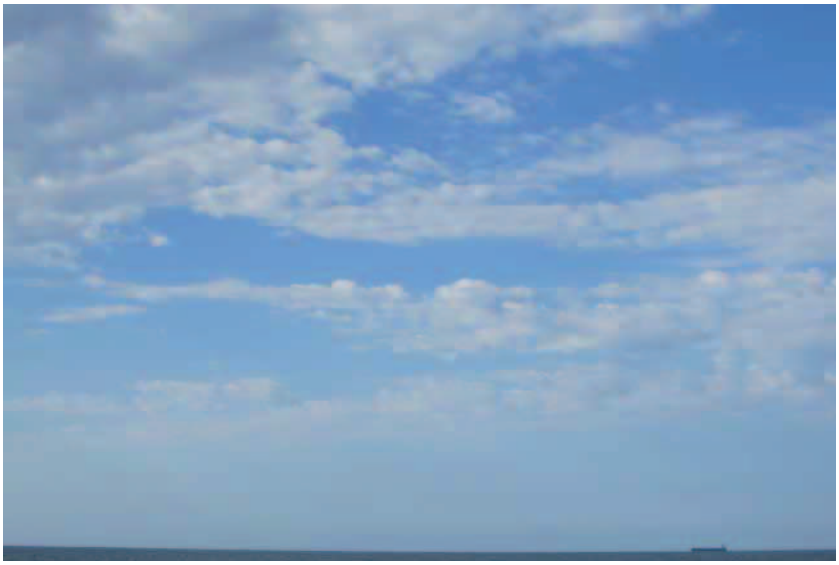


Abb. 8.2.19: Der Altocumulus castellanus zeigt die Bereitschaft für Gewitter an Quelle: Ralf Brauner

Bei Frontgewittern sind hier die einzelnen Gewitterzellen linienartig entlang einer Okklusions-/Kaltfront angeordnet. Die zu dem einem Tief gehörende Front schiebt sich in Richtung Hochdruckgebiet. Mächtige Gewitterzellen entstehen durch die Überhitzung (Hochdruckeinfluss) und durch zusätzliche Hebung der feuchten und warmen Luftmassen im Frontbereich.

Während bei Luftmassengewittern die einzelnen Zellen zu unterscheiden sind, ist dies bei Frontgewittern kaum möglich. Die Front schwenkt mit mehreren 100 km Länge über ein Seegebiet hinweg. Oft entwickeln sich vor gewittrigen Kaltfronten noch Böenfronten oder Böenlinien *(squall-lines)*.

Vor dem Gewitter ist der Bodenwind meist schwach und auf dieses gerichtet. Durch die starken Aufwinde innerhalb der Zelle werden die Luftmassen von außen in die Zelle angesaugt.

Abb. 8.2.20: Wasserhosen haben oft nur eine kurze Lebensdauer Quelle: Boris Herrmann

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Besonders in Verbindung mit schweren Gewittern treten Wasserhosen auf. Wasserhosen sind Wirbel, die sich sehr schnell bilden und auch wieder auflösen können. Sie verlagern sich an der Wasseroberfläche mit nur 10 bis 15 kn und ihre Lebensdauer beträgt oft nur 30 Minuten, aber die Auswirkungen können verheerend sein. Von Windgeschwindigkeiten bis zu 120 kn wurde berichtet.

8.2.10 Land-Seewind-Zirkulation

Die Land-Seewind-Zirkulation ist ein lokales Windsystem, das nur dann ungestört auftritt, wenn die großräumigen Druckunterschiede gering sind. Daher ist ein umfangreiches Hochdruckgebiet bestens geeignet. Die Land-Seewind-Zirkulation funktioniert stark vereinfacht etwa so:

Land und Wasser reagieren unterschiedlich auf die Sonneneinstrahlung. Die Energiespeicherung im Wasser ist erheblich größer als im festen Erdboden. Zudem hat die Oberflächentemperatur des Wassers nur einen geringen Tagesgang, während sie über Land stark mit der Sonneneinstrahlung variiert. Durch die starke Erwärmung der untersten Luftschichten über Land steigen hier Luftmassen auf. Das dabei entstehende Bodentief/Hitzetief wird durch Seewind (Wind von See) aufgefüllt. Der reine Seewind wird zuerst unmittelbar an der Küste beobachtet und breitet sich danach seewärts aus.

Beim Landwind verhält es sich umgekehrt. Das Land kühlt sich nachts bei nur geringer Bewölkung stark ab. Das Wasser ändert seine Temperatur an der Oberfläche dagegen nur geringfügig. Über dem Wasser steigt daher erwärmte Luft auf. Das dabei entstehende Bodentief über dem Meer wird durch Landwind (Wind von Land) aufgefüllt.

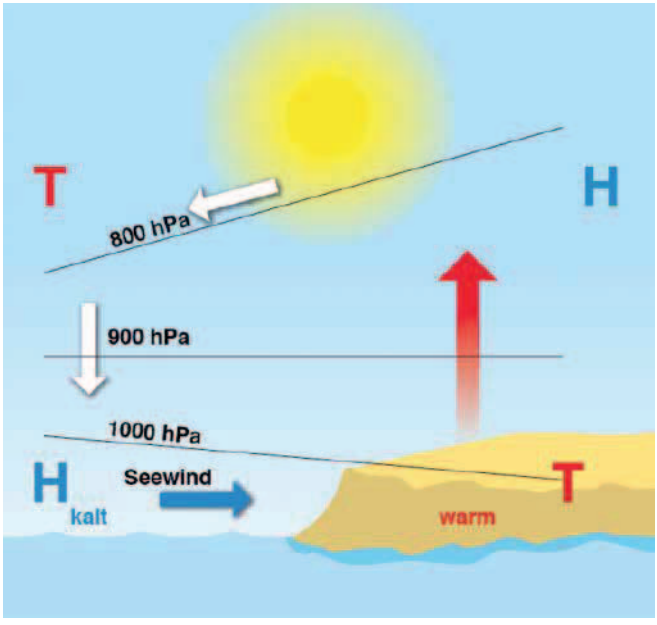


Abb. 8.2.21: Seewind-Zirkulation: Temperatur und Druckverhältnisse bei maximaler Einstrahlung
Quelle: [8.1.1]

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Seewind erreicht seine maximale Stärke etwa zwei Stunden nach Sonnenhöchststand. Nach Sonnenuntergang wird er schwächer, nachts entwickelt sich dann der schwächere Landwind, der seine maximale Windstärke zwischen 1 und 3 Uhr Ortszeit entwickelt. Der Seewind erreicht etwa 2 bis 4 Beaufort, bei intensiver Sonneneinstrahlung sind 5 bis 6 Beaufort keine Seltenheit. Der Landwind weht mit nur 1 bis 2, maximal 3 Beaufort.

Das vor dem Einsetzen von See- oder Landwind vorherrschende Windfeld kann in Windrichtung und Windstärke erheblich verändert werden.

8.3 Wetter der Tropen

Die Tropen sind gekennzeichnet durch die Intertropische Konvergenzzone und die Passatwinde beiderseits des Äquators. In den Passatwinden entwickeln sich zum Teil die *easterly waves,* aus denen typischerweise die Wirbelstürme entstehen.

8.3.1 Intertropische Konvergenzzone

Aufgrund der ablenkenden Kraft der Erdrotation gibt es keine vom Äquator zu den Polen gerichtete direkte thermische Zirkulation.

Die sehr intensive Sonneneinstrahlung in den Tropen erzeugt eine mächtige Quellbewölkung mit heftigen Schauern und Gewittern. Die hohe Temperatur der Luftmassen lässt im Meeresniveau eine Tiefdruckrinne entstehen, in die von beiden Seiten des Äquators Luftmassen zusammenströmen. Daher wird dieses Gebiet auch als Intertropische Konvergenzzone, kurz ITC, bezeichnet. Die ITC ist eine Zone mit überwiegend schwachen Winden, die nur in Nähe von Schauern und Gewittern böig auffrischen. Da sich ca. 80 % aller Landmassen auf der Nordhalbkugel befinden, heizen sich diese bei hoch stehender Sonne stärker auf als die Meeresgebiete auf der Südhalbkugel. Deshalb liegt die ITC im Mittel etwas nördlich vom geografischen Äquator. Jeweils mit den höchsten Sonnenständen auf den Halbkugeln der Erde variiert die ITC (meteorologischer Äquator) um ca. fünf Breitengrade nach Nord bzw. Süd. Im Nordsommer liegt er im Mittel bei etwa 10° Nord, kann sich über den Landmassen Asiens aber aufgrund der Erhitzung auch bis ca. 30° Nord verlagern. Die windschwachen Gebiete der ITC sind allgemein als Kalmen, Mallungen oder Doldrums bekannt [8.3.1].

8.3.2 Passate

Polwärts an die ITC schließen sich die Passate als beständige Windsysteme an (Abb. 8.3.1). Sie entstehen in den Hochdruckgebieten der Subtropen. Die Hochdruckgebiete sind verbunden mit einem weiteren Gürtel schwacher Winde und werden als Rossbreiten bezeichnet. Der Name stammt aus den früheren Reisen mit den Segelschiffen nach Südamerika, da dort bei wenigen Winden viele Pferde infolge Wassermangels eingingen, teilweise wurden sie von den Besatzungsmitgliedern verspeist. Aus dem subtropischen Hochdruckgürtel fließen bodennah Luftmassen in Richtung Äquator. Infolge Reibung wird der Ostwind in den unteren Luftschichten zum Äquator hin abgelenkt: Es entsteht der Nordostpassat auf der Nordhalbkugel sowie der Südostpassat auf der Südhalbkugel. Im Urpassat herrscht infolge absinkender Luftbewegung meist wolkenloser Himmel; allenfalls können sich durch thermische Konvektion geringe Cumulusfelder ausbilden. Meist herrscht dunstiges Wetter vor.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

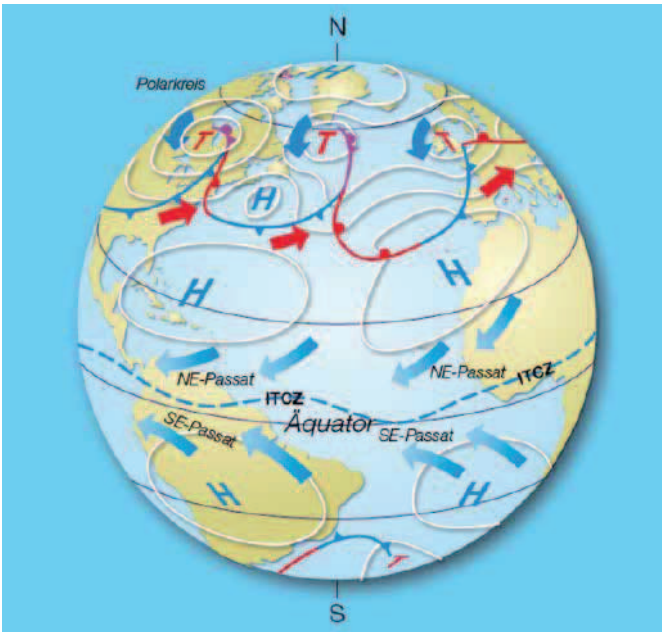


Abb. 8.3.1: Allgemeine Zirkulation mit ITC und Passatwinden **Quelle: [8.1.1]**

8.3.3 Monsunzirkulation

Als Monsune bezeichnet man jahreszeitlich sich umkehrende Winde im indischen und asiatischen Raum, die sich aufgrund der Temperatur- und damit der Druckunterschiede der großen Land- und Wassermassen in Asien im Jahresverlauf ausbilden. Während der warme und feuchte Sommermonsun für den Niederschlagsreichtum großer Teile des asiatischen Kontinents verantwortlich ist, fließen mit dem Wintermonsun trocken-kalte Festlandsluftmassen aus dem zentralasiatischen winterlichen Kältehoch. Die mittleren Druckverteilungen in der unteren

Abb. 8.3.2: Sommermonsun **Quelle: [8.1.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abb. 8.3.3: Wintermonsun **Quelle: [8.1.1]**

Atmosphäre zeigen daher auch insbesondere über Asien ein Hitzetief, das im Winter einem Kältehoch weicht (Abb. 8.3.3). Aufgrund der Druckverteilung im Sommer wehen starke bis stürmische Winde landeinwärts. Der Südwestmonsun erreicht im mittel Stärke Bft 6 bis 8 und führt sehr feuchte und warme Luftmassen vom Indischen Ozean nach Indien (Abb. 8.3.2).

Die wichtigste Auswirkung der monsunalen Zirkulation ist die sommerliche Verlagerung der ITC nach Norden. Die ITC liegt im Nordsommer infolge der starken Landerwärmung zeitweise bei 30° Nord.

8.3.4 Tropische Wirbelstürme

Der subtropische Hochdruckgürtel mit den beständigen Passatwinden lässt nicht vermuten, dass an der Äquatorseite Wirbelstürme mit verheerenden Auswirkungen entstehen können. Man unterscheidet in den Tropen vier Arten von Tiefdruckgebieten, von denen die tropische Störung als unterste Entwicklungsstufe am häufigsten auftritt. Sie entsteht bevorzugt im Bereich einer *easterly wave*, die in Form eines Troges von Ost nach West wandert. Sie kann sich zu einem tropischen Tief (*tropical depression*) mit geschlossener Zirkulation weiterentwickeln. Hier treten Winde in Bodennähe bis Stärke Bft 7 auf. Die nächste Entwicklungsstufe ist der tropische Sturm (*tropical storm*) mit Windstärken Bft 8 bis einschließlich Bft 11. Dieser Sturm kann sich zum tropischen Orkan mit mittleren Windgeschwindigkeiten bis über 135 kn und zusätzlichen Böen intensivieren. Die Abb. 8.3.4 zeigt den Wirbelsturm Ivan mit einem ausgedehnten Cirrus-Schirm und spiralförmig angeordneten Wolkenbändern darunter. Im Vergleich zur Anzahl der Tiefdruckgebiete ist dies jedoch ein seltenes Ereignis. Die tropischen Tiefdruckgebiete (Zyklone) weisen keine Fronten auf, wie man sie von den Tiefs der Westwindzone kennt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

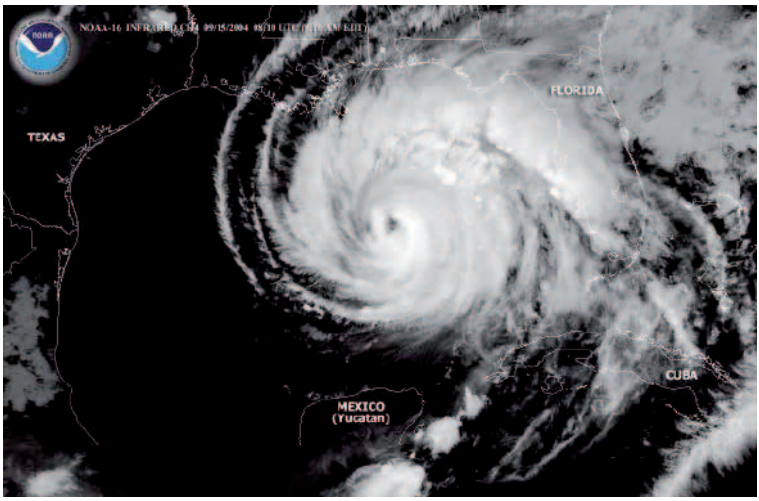


Abb. 8.3.4: Tropischer Wirbelsturm Ivan **Quelle: NOAA**

8.4 Wetter der Polarregionen

Das Wetter der zentralen Arktis und Antarktis ist gekennzeichnet durch ein polares Hochdruckgebiet. Um diese sehr stabilen Druckgebilde ziehen Tiefdruckgebiete zirkumpolar ostwärts [8.4.1]. Die Antarktis ist im Gegensatz zur Arktis ein mit Schnee bedeckter Kontinent und ist im Mittel kälter. Da Temperaturgegensätze die Intensität von Tiefdruckentwicklungen steuern, haben die Tiefs rund um die Antarktis im Mittel einen niedrigeren Kerndruck und Sturm- und Orkanwind sind häufiger anzutreffen. Diese Gürtel haben deshalb spezielle Namen bekommen (siehe Kap 8.2.1).

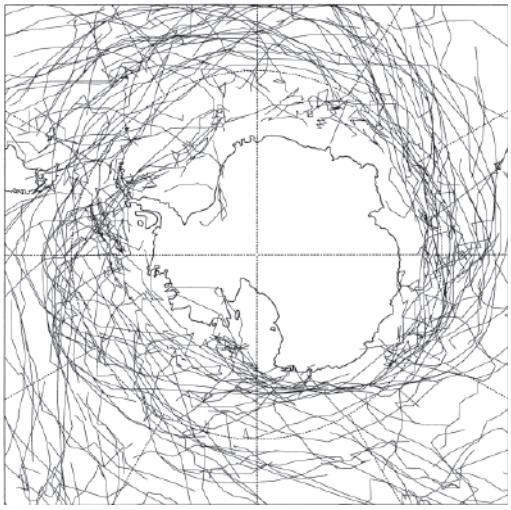


Abb. 8.4.1: Zugbahnen der Tiefdruckgebiete um die Antarktis **Quelle: [8.4.3]**

8.4.1 *Polar Lows*

Polar Lows sind kleinräumige und kurzlebige Tiefdruckgebiete, die sich über den Meeren der Polarregionen oder küstennahem Meer- oder Schelfeis entwickeln. Ein wesentlicher Faktor für das Entstehen ist dann gegeben, wenn die kalten Luftmassen der Polarregionen auf das offene und relativ warme Meerwasser gelangen. Daraus können sich diese polaren Tiefdruckgebiete entwickeln, deren Ursachen denen der Entwicklung von Wirbelstürmen ähnlich sind. Sie haben jedoch horizontale Ausdehnungen von hundert bis zu mehreren hundert Kilometern. In der Antarktis haben sie Lebensdauern von mehreren Stunden, aber nicht über mehrere Tage. Die Auswirkungen zeigen sich in einer Windzunahme bis

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

hin zur Sturmstärke und starkem Niederschlag. Aufgrund der verminderten Sicht ist die Eisfahrt stark beeinträchtigt. Ihr Aussehen auf dem Satellitenbild gleicht manchmal dem eines tropischen Wirbelsturms, nur eben sehr viel kleiner in den Ausmaßen. Das NOAA Satellitenbild im sichtbaren Kanal der Abb. 8.4.2 zeigt ein *Polar Low* im Südsommer nahe des Schelfeises.

In den Computermodellen für die Wettervorhersage sind sie nicht enthalten. Nur mit viel Erfahrung kann man sie auf dem hoch aufgelösten Satellitenbild erkennen.

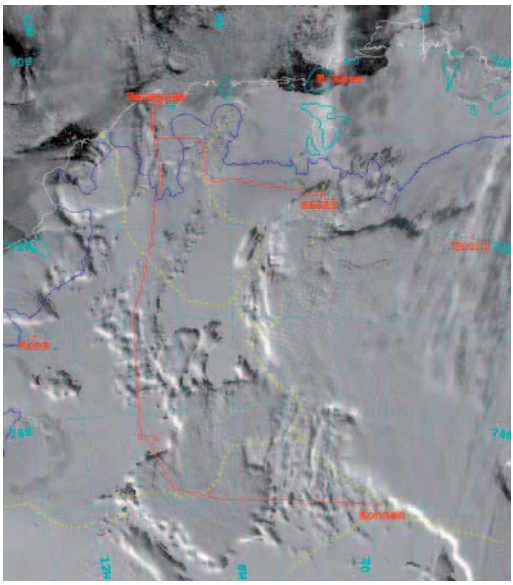


Abb. 8.4.2: *Polar Low* an der Schelfeiskante der Antarktis

8.4.2 Katabatische Winde

Insbesondere an den Küsten von Grönland und in der Antarktis können katabatische Winde auftreten. Diese Winde entstehen, wenn sich über den Eisflächen eines Hochplateaus, eines Gebirges oder eines Gletschers die Luft abkühlt. Die Luft mit hoher Dichte fließt als Druckausgleichsströmung ab, es entsteht ein kalter Fallwind. Katabatische Winde tragen als ablandige Winde zur Entstehung von küstennahen Polynjas (Öffnungen im Meereis) bei.

Das Phänomen ist vor den ausgedehnten Schelfeisfeldern im Ross-Meer und im Weddell-Meer besonders ausgeprägt. Die katabatischen Winde der Antarktis können Geschwindigkeiten bis zu Orkanstärke annehmen. Die Abb. 8.4.3 zeigt das Vorkommen katabatischer Winde in der Antarktis [8.4.3].

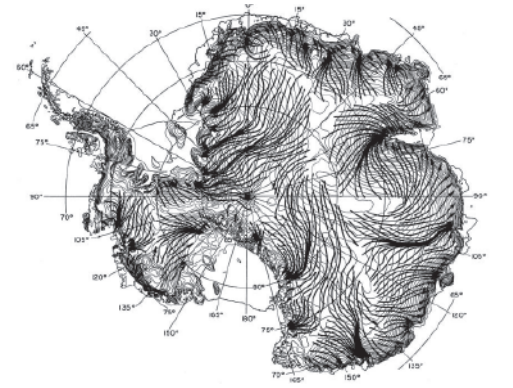


Abb. 8.4.3: Katabatische Winde in der Antarktis
Quelle: [8.4.3]

8.4.3 Meteorologische Gefahren in Polarregionen

In den Polarregionen muss durch die im Mittel niedrigen Temperaturen und den besonders um die Antarktis vorherrschenden hohen Seegang mit Vereisung durch Spritzwasser gerechnet werden (siehe Kap. 8.6.1). Aber auch die Vereisung bei spiegelglatter See und hoher Luftfeuchte kann zum Eisansatz führen.

Weitere Gefahren stellen das Treibeis und Eisberge dar. Insbesondere die kleineren *Growler*, die im Gegensatz zu größeren Eisbergen auf dem Radar nicht zu erkennen sind, sind für die Schifffahrt gefährlich.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

8.5 Wetterinformationen

8.5.1 Wetterbeobachtungen

Weltweit gibt es etwa 10 000 Stationen an Land und etwa 3500 auf Schiffen, von denen regelmäßig Wetter beobachtet wird (siehe Abb. 8.5.1). Ebenso werden an Land und auch auf See von Schiffen aus (ca. 24) Radiosonden gestartet (siehe Abb. 8.5.2), die das vertikale Profil der Atmosphäre erfassen sollen. Eine Radiosonde besteht aus einem Ballon und einer Messeinheit, die Höhen um 30 km erreichen können. Auf See werden die mit den Sensoren und GPS gewonnenen Daten an die Bodenstation an Bord übertragen. Daten wie die der Radiosonden und die Beobachtungen an Bord werden über verschiedene Kommunikationswege an nationale Wetterdienste weitergegeben und dann weltweit über das GTS *(Global Telecommunication System)* ausgetauscht. Das einheitliche Datenformat und die vereinbarten Termine werden durch die *World Meteorological Organisation* (WMO) geregelt. Weltweit wird typischerweise alle drei Stunden nach UTC (00, 03, 06, 12, 15, 18, 21) Wetter beobachtet. An Wetterstationen wird meist stündlich, an Flughäfen halbstündlich, der aktuelle Wetterzustand übermittelt.

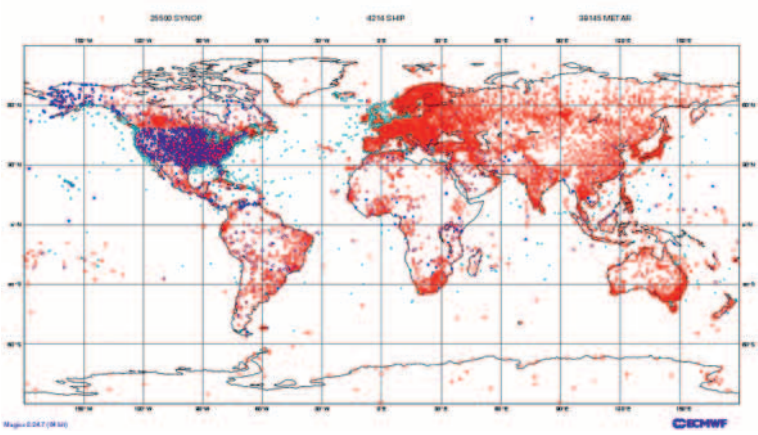


Abb. 8.5.1: Wetterbeobachtungen von Schiffen und Landstationen zum synoptischen Termin 06.12.2015, 12 UTC **Quelle: ECMWF**

Die Schifffahrt trägt erheblich dazu bei, da sie besonders in den datenarmen Gebieten über den Ozeanen wertvolle Informationen liefert. Weitere Messwerte liefern dort auch driftende Bojen, die regelmäßig auf den Ozeanen ausgesetzt werden.

Wetterbeobachtungen sind die Grundlage für die Berechnung der Wettervorhersagen mit den leistungsfähigen Computern der nationalen Wetterdienste. Ohne diese Daten können Computer keine Wetter für die Zukunft berechnen. Auch liefern sie wertvolle Klimadaten. Aus dem Datenpool kann das Klima für Seegebiete, wie etwa die mittleren Wetter- und Seegangsverhältnisse, abgeleitet werden. Die Wetterbeobachtungen sind also Quellen der Monatskarten oder *Pilot Charts*, die als Grundlage für die nautische Reiseplanung oder der Planung von Offshoreanlagen unter anderem benutzt werden.

Der Aufbau einer Wetterbeobachtung (Schlüssel FM13) gemäß WMO stellt sich international vereinheitlicht wie folgt dar. Hinweise dazu findet man beispielsweise im *Marine Observers Guide* (DWD Hamburg).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

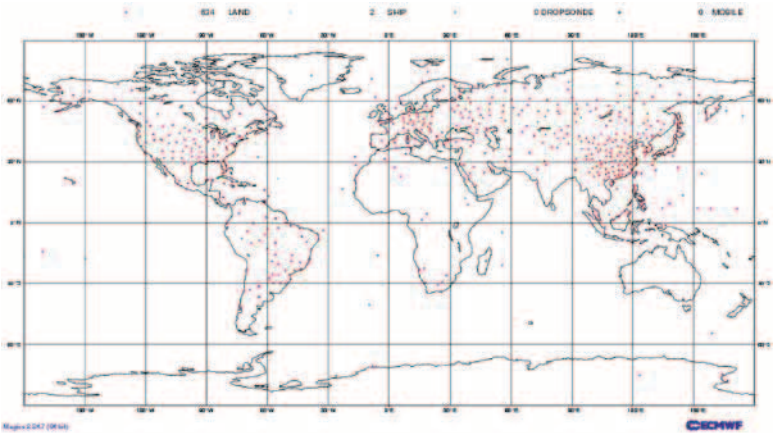


Abb. 8.5.2: Radiosondenaufstiege von Schiffen und Landstationen zum synoptischen Termin 06.12.2015, 12 UTC **Quelle: ECMWF**

D.....D YYGGi$_w$ 99L$_a$L$_a$L$_a$ Q$_c$L$_o$L$_o$L$_o$L$_o$ i$_R$i$_x$hVV Nddff 00fff 1s$_n$TTT 2s$_n$T$_d$T$_d$T$_d$
4PPPP 5appp (6RRRt$_R$) 7wwW$_1$W$_2$ 8N$_h$C$_L$C$_M$C$_H$ 222D$_s$V$_s$ 0s$_s$T$_w$T$_w$T$_w$ 2P$_w$P$_w$H$_w$H$_w$
3d$_{w1}$d$_{w1}$d$_{w2}$d$_{w2}$ 4P$_{w1}$P$_{w1}$H$_{w1}$H$_{w1}$ 5P$_{w2}$P$_{w2}$H$_{w2}$H$_{w2}$ 6I$_s$E$_s$E$_s$R$_s$ 8s$_w$T$_b$T$_b$T$_b$ ICE c$_i$s$_i$b$_i$D$_i$z$_i$
Auf die Interpretation und die Inhalte der einzelnen Beobachtungen soll hier nicht näher eingegangen werden [8.5.1].

8.5.2 Wetterkarten

Wetterkarten oder besser „Synoptische Karten“ können an Bord über Faksimile (Wetterfax), *Routing Programme* oder über das Internet abgerufen werden. Praktisch für den Bordgebrauch sind Bodenwetterkarten mit eingezeichneten Isobaren und Fronten. Unterscheiden muss man in Analyse- und Vorhersage-/Prognosekarten. Analysekarten zeigen die Druckverteilung der Atmosphäre in Bodennähe zu einem bestimmten Zeitpunkt (z. B. 00, 06, 12, 18 UTC), erstellt aus synoptischen Beobachtungen. Die Isobaren können vom Computer analysiert werden, oft werden sie aber, wie bei den Fronten zwingend notwendig, von Hand erstellt. Die Abb. 8.5.3 und 8.5.4 zeigen je eine Bodenanalyse des *UK MetOffice* und des DWD

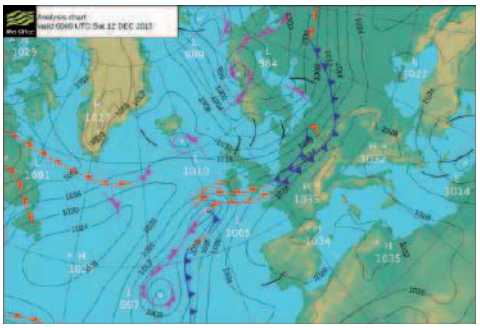


Abb. 8.5.3: Bodenanalyse des *UK MetOffice*

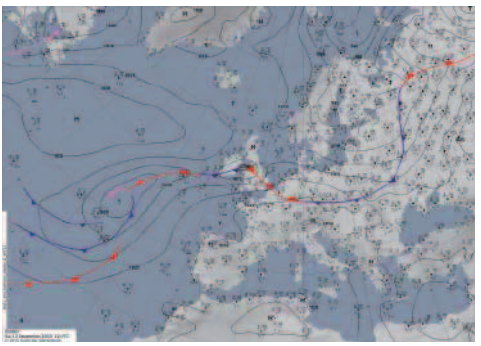


Abb. 8.5.4: Bodenanalyse des DWD

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

von 12 UTC. Hier wurde anhand von Wetterbeobachtungen der Zustand der Atmosphäre vom 23.1.2009 um 12 UTC analysiert. Um die Frontenlage zu finden, benötigt der Fachmann noch weitere Hilfsmittel, unter anderem ein Satellitenbild.

In den Abb. 8.5.5 und 8.5.6 sind Prognosekarten des *UK MetOffice* und des DWD zu sehen. Sie zeigen die erwartete Druckverteilung und die Frontenlage, in diesem Fall für T+24 Stunden. Diese sind mit einem Wettervorhersagemodell auf Großcomputern berechnet worden. Typischerweise sind Karten bis zu T+240 Stunden, also für zehn Tage, verfügbar. Doch die Trefferquote nimmt mit zunehmender Vorhersagedauer ab, aber immerhin hat die fünftägige Vorhersagekarte (also 120 Stunden voraus) mittlerweile eine Trefferquote wie vor 25 Jahren die zweitägige Vorhersage [8.5.2, 8.2.3, 8.1.1].

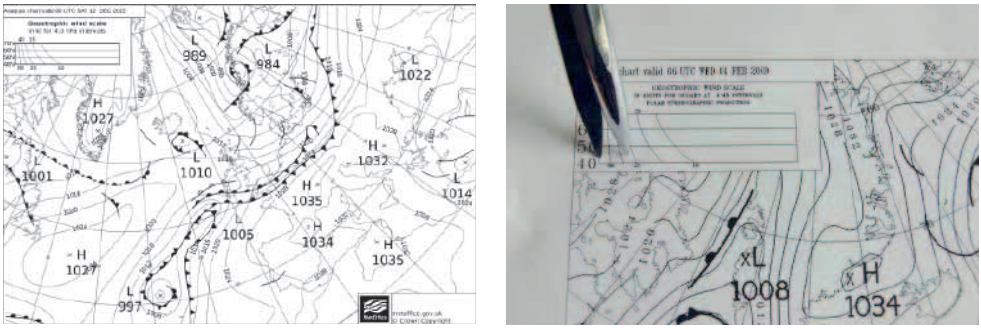


Abb. 8.5.5: Bodenvorhersagekarte des *UK MetOffice* und Anwendung des Windlineals

Anhand von Isobarenabständen lassen sich aus den Analyse- und Prognosekarten Wind und Seegang ermitteln. Zu beachten ist der unterschiedliche Isobarenabstand, 5 zu 5 hPa in den Karten des DWD, 4 zu 4 hPa bei den Karten des Britischen Wetterdienstes. Dies ist von Bedeutung bei der Bestimmung des Windes aus dem Druckfeld. Mit Hilfe des geostrophischen Windlineals lassen sich auf der Prognosekarte des *UK MetOffice* (siehe Abb. 8.5.5) die Windverhältnisse bestimmen. Zunächst wird mit einem Zirkel senkrecht zu den Isobaren abgenommen. Dann legt man den einen Zirkelschenkel links auf die Linie mit der geografischen Breite an und mit dem anderen Schenkel lässt sich die geostrophische Windgeschwindigkeit ablesen.

Der geostrophische Wind gilt aber nur für gradlinige Isobarenabstände und für einen reibungsfreien Zustand (siehe Kap. 8.1.2). Es hängt von der Krümmung (vom Krümmungsradius) ab, ob die Windgeschwindigkeit höher oder niedriger ist als nach der geostrophischen Bestimmung. Bei starker Krümmung muss

- bei zyklonal gekrümmten Isobaren (also um ein Tief) ca. 25 % der Geschwindigkeit subtrahiert werden,
- bei antizyklonal gekrümmten Isobaren (also um ein Hoch) muss ca. 25–30 % der Geschwindigkeit addiert werden.

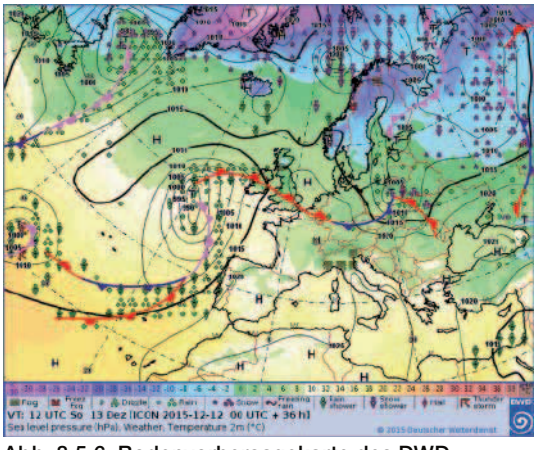


Abb. 8.5.6: Bodenvorhersagekarte des DWD

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Dieser berechnete Wind ist also der Gradientwind, der für eine Schicht oberhalb von 600 – 1000 m gilt (Grenzschicht). Unterhalb der Grenzschicht wirkt die Oberfläche mit ihrer unterschiedlichen Reibung mit. Hinsichtlich der Reibung sollte der Gradientwind annäherungsweise um 20 % reduziert und ein Ablenkungswinkel von etwa 20 Grad angenommen werden.

Neben der Berechnung mit dem geostrophischen Windlineal können auch Nomogramme, wie in der Abb. 8.5.7 dargestellt, verwendet werden. Diese lassen sich universell für Analyse- und Vorhersagekarten verwenden. Der mit dem Zirkel ermittelte Isobarenabstand von 5 zu 5 hPa wird in Breitengrade umgerechnet, für die Achse d_5 bedeutet also ein Breitengrad eine Entfernung von 60 sm. Dann wird der Schnittpunkt mit der geografischen Breite gesucht und die Windgeschwindigkeit lässt sich ermitteln. Ebenso wie bei der Benutzung des geostrophischen Windlineals müssen noch die Krümmung der Isobaren und die Reibung berücksichtigt werden.

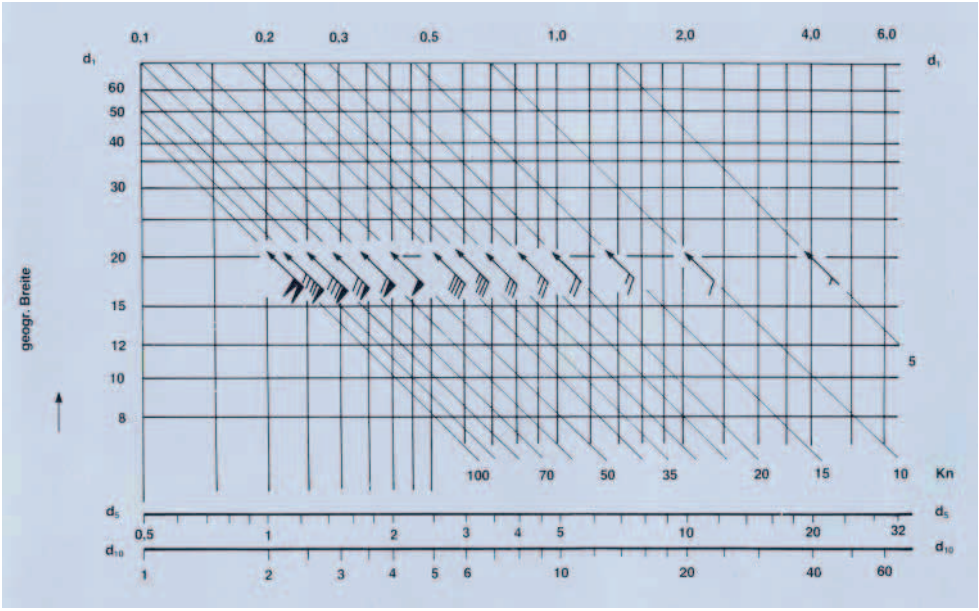


Abb. 8.5.7: Nomogramm (nach Rudloff) zur Abschätzung der Windgeschwindigkeit auf See
Quelle: [8.5.4]

8.5.3 Wetterwarnungen/GMDSS

NAVTEX (*Navigational Information over Telex*) ist im Rahmen des GMDSS unter anderem das Informationssystem für Navigations- und Wetterwarnungen sowie für das Seenot-, Such- und Rettungswesen. NAVTEX-Meldungen werden weltweit auf 518 kHz/4209.5 kHz in englischer Sprache ausgestrahlt. Für nationale NAVTEX-Sender ist die Frequenz 490 kHz, meist in der Landessprache, reserviert. Einige NAVTEX-Sender strahlen neben den Wetterwarnungen auch Seewetterberichte aus.

Über NAVTEX werden Warnungen vor Starkwind (*Near Gale* = 6 bis 7 Bft) oder Sturm (*Gale* > 8 Bft) verbreitet. Dazu kommen natürlich auch die Warnungen vor Wirbelstürmen. Da die Reichweite für NAVTEX über die vorher genannten Frequenzen etwa 400 Seemeilen beträgt, ist für den Empfang außerhalb ein EGC *(Enhanced Group Call)*-Empfänger notwendig. Als Kommunikationseinheit werden die INMARSAT-Satelliten genutzt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Beispiel einer NAVTEX-Warnung für die Deutsche Bucht:

DWHA 150415 Received from German Weather Service Warning No. 103 150415UTC MAR for German Bight: gales east to southeast 17 to 19 m/s (7 to 8 bft).

8.5.4 Wetterberichte

Seewetterberichte werden zu festgelegten Zeiten (Nautischer Funkdienst des BSH, *Admiralty List of Radio Signals*) von Küstenfunkstellen (HF, VHF) und über NAVTEX ausgestrahlt. Dabei wird auf international vereinbarte Seegebiete Bezug genommen. Seewetterberichte sind international nicht standardisiert, sie haben aber einen ähnlichen Aufbau. Zunächst werden Sturm- oder Starkwindwarnungen verlesen. Dann folgt ein Bericht der Wetterlage, in dem die Druckgebilde (Hoch, Tief) mit Intensitätsänderung und Zugbahn angegeben werden. Ebenso werden Hochkeile, Fronten und Tröge erwähnt. Anschließend folgen für Seegebiete oder Küstenabschnitte Vorhersagen und oft auch Aussichten. Die Vorhersagen umfassen Windrichtung, Windgeschwindigkeit/-stärke, signifikantes Wetter (z. B. Gewitter), Sicht und Höhe des Seegangs (signifikant). Dabei werden überwiegend einheitliche meteorologische Begriffe in den verschiedenen Sprachen verwendet [8.5.3].

Wetterinformationen:	
Rechtdrehender Wind (veering)	Änderung der Windrichtung im Uhrzeigersinn um mindestens 45°
Rück(links-)drehend (backing)	Änderung der Windrichtung gegen den Uhrzeigersinn um mindestens 45°
Gewitterböen (thunder squalls)	Oft wird die Stärke angegeben, da im Sommer bei Schwachwindlagen Böen mit Sturm oder Orkanstärke auftreten können
Sturmwarnung (gale warning)	Mittlere Windstärken von mindestens 8 Bft
Starkwindwarnung (near-gale warning)	Mittlere Windstärken zwischen 6 und 7 Bft
Orkan (storm)	ab Windstärke 10, dabei auch oft Böen von 12 Bft
Schauerböen (shower squalls)	in Schauernähe können Böen auftreten, die den Mittelwind um mehr als 2 Bft überschreiten können
Gute Sicht (good visibility, kurz: vis good)	Sichtweite über 10 km
Mittlere Sicht (moderate visibility, kurz: vis mod)	Sichtweite 5 bis 10 km
Diesig (misty)	Sichtweiten 1 bis 5 km
Nebel (fog)	Sichtweite unter 1000 m

Tabelle 8.5.1: Meteorologische Begriffe [8.1.1]

8.5.5 GRIB-Daten

GRIBs oder GRIB-Daten *(GRIdded Binary)* sind Wettervorhersageinformationen in einem von der WMO festgelegten Code in binärer Form. GRIB-Daten haben somit ein international vereinbartes Format zum Austausch meteorologischer und ozeanografischer Daten. GRIB-Daten sind Ergebnisse der globalen und lokalen Wettervorhersagemodelle. Bei nationalen oder privaten Wetterdiensten stehen GRIB-Daten zur Verfügung und können gegen Gebühr und zum Teil auch kostenlos an Bord übermittelt werden. Dabei ist eine Auswahl der Parameter möglich.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

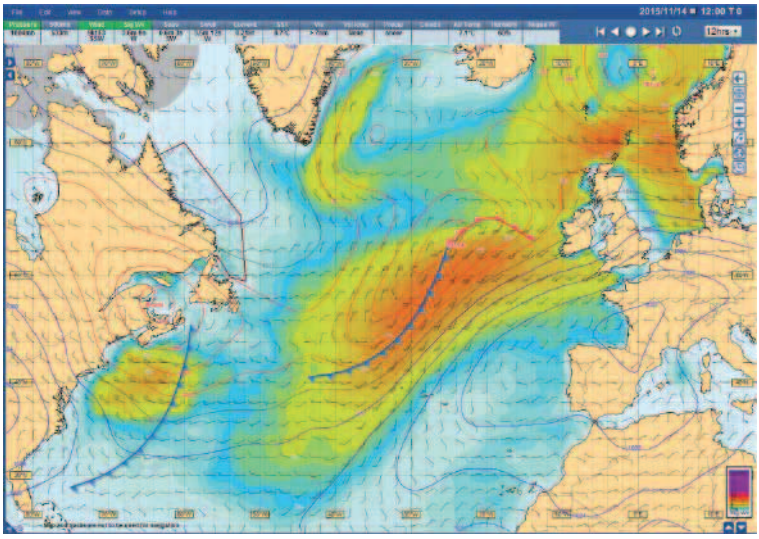


Abb. 8.5.8: GRIB-Daten für Wind, Seegang (sign. Höhe), Bodendruck und weitere Parameter, dargestellt mit *AWT's Bon Voyage System (BVS)*

Der große Vorteil der GRIB-Daten liegt in der Komprimierung, wodurch die zu übermittelnden Daten bzw. Dateien klein gehalten werden können. Diese Daten beinhalten in der Regel Vorhersagen für Windrichtung, Windgeschwindigkeit sowie den Seegang auch mit den Teilkomponenten Windsee und Dünung (Höhe, Periode). Die GRIB-Daten liegen mindestens zwei- bis viermal täglich vor und können somit mehrmals am Tag aktualisiert werden. Wie gut die Vorhersagen sind, hängt letztendlich vom Wettervorhersagemodell ab. Derzeit werden weltweite GRIB-Daten u. a. von den globalen Wettervorhersagemodellen des *GFS* (USA), *UK MetOffice* (UK), *GME* (DWD Offenbach) und *ECMWF (Europäisches Zentrum für Mittelfristprognosen in Reading)* angeboten.

Die GRIB-Daten können mit Hilfe spezieller Software – meist mit Hilfe von Routingprogrammen wie in der Abb. 8.5.8 – dargestellt werden. Mit den Routingprogrammen lassen sich dann optimale Routen berechnen (siehe Kap. 8.9).

8.5.6 Routingservice

Viele nationale oder private Wetterdienste bieten einen Routingservice an. Dieser umfasst oft neben der eigentlichen Beratungstätigkeit für eine optimierte Route auch ein Flottenmanagement, ein *Tracking* und eine Postanalyse der Reise. Während nur noch wenige Wetterdienste sich allein auf die landgestützte Vorhersage beschränken (der Meteorologe routet das vom Büro aus), sind doch die meisten Anbieter dazu übergegangen, eine Kombination aus Auswertung der Schiffsführung an Bord mit Unterstützung durch den Routingservice im Büro an Land anzubieten. Mehr Informationen dazu können dem Kapitel 8.9 entnommen werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

8.6 Grundlagen der Ozeanografie

8.6.1 Seegang

Unter Seegang versteht man zunächst einmal die Wellen auf der Oberfläche der Ozeane und Meere. Bei etwas genauerer Betrachtung kann man neben einer periodischen vertikalen auch eine horizontale Auslenkung der Wasserteilchen um ihre Ruhelage erkennen. Bei genügend großer Wassertiefe ist es eine kreisförmige Bahn, im flachen Wasser wird die Form einer Ellipse erreicht.

Die Wellenhöhe (H) ist definiert als der senkrechte Abstand zwischen Wellental und Wellenberg. Als Wellenlänge (L) wird der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Wellenbergen bezeichnet.

Die Wellenperiode (T) ist die Zeit, die zwischen den Durchgängen zweier gut ausgeprägter Wellenzüge am Ort verstreicht.

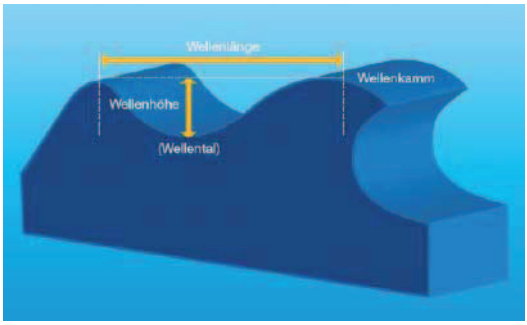


Abb. 8.6.1: Definition von Wellenberg und Wellental
Quelle: [8.1.1]

Die Bestimmung der Wellenlänge, Wellenhöhe und Wellenperiode ist von einem fahrenden Schiff nicht einfach und erfordert einige Erfahrung. Insbesondere Wellenlänge und Wellenperiode sind wichtige Faktoren hinsichtlich der Schiffstabilität im Seegang. Die Wellenlänge kann nur schwer anhand der Länge des Schiffs ermittelt werden. Die Wellenperiode kann vom fahrenden Schiff aus einfacher und genauer mit der Stoppuhr ermittelt werden. Dabei misst man mehrmals die Zeit, die ein von brechenden Wellen verursachter Schaumfleck für eine vollständige Abwärts- und Aufwärtsbewegung braucht, also zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Positionen. Mit Hilfe der Wellenperiode lässt sich aber die Wellenlänge im tiefen Wasser errechnen:

$$L = 1{,}56 \cdot T^2 \ (m) \qquad (8.6.1)$$

Für alle Wellen wird die Wellen-/Phasengeschwindigkeit (c) durch die Dispersionsrelation bestimmt. Ist das Verhältnis von Wellenlänge (L) zur Wassertiefe (h) sehr klein (<< 1), ergibt sich:

$$c = \sqrt{\frac{g \cdot L}{2\pi}} \ \text{oder} \ c = 1{,}25 \cdot \sqrt{L} \ (m/s) \qquad (8.6.2)$$

Diese Beziehung gilt für Wellen im tiefen Wasser. Danach ist die Phasengeschwindigkeit (c) nur von der Wellenlänge (L) abhängig. Lange Wellen verlagern sich demnach mit einer größeren Geschwindigkeit als kurze Wellen. Dies gilt für lange Wellen wie die in diesem Kapitel auch erwähnten Tsunami-Wellen.

Wellenperiode (T) und Phasengeschwindigkeit (c) stehen im Zusammenhang über die Beziehung:

$$c = 1{,}56 \cdot T \ (m/s) \qquad (8.6.3)$$

Für geringe Wassertiefen (h) im Verhältnis zur Wellenlänge (L) wird für flaches Wasser ($h/L < 1/20$) folgende Approximation benutzt:

$$c = \sqrt{g \cdot h} \ (m/s) \qquad (8.6.4)$$

Hier ist die Phasengeschwindigkeit (c) neben der Erdbeschleunigung somit nur noch abhängig von der Wassertiefe (h).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Seegang lässt sich verstehen als Überlagerung von Einzelwellen, man bezeichnet ihn auch als Seegangsspektrum. Bei der Überlagerung von Wellen benachbarter Wellenlängen und Perioden können Wellengruppen entstehen, die wie Einzelwellen eine Geschwindigkeit besitzen. Diese wird als Gruppengeschwindigkeit (c_{gr}) bezeichnet.

Für tiefes Wasser beträgt die Gruppengeschwindigkeit $c_{gr} = 0{,}5 \cdot c$, für flaches Wasser ist (c_{gr}) = c.

Der beobachtete Seegang ist generell ein Produkt aus den Wellen der Komponenten Windsee und Dünung. Als Windsee wird der Teil des Seegangs bezeichnet, der im Wesentlichen durch den am Ort oder in näherer Umgebung herrschenden Wind angefacht wird. Die Wellenkämme haben eine spitze Form und die einzelnen Wellen erscheinen ungleichmäßig. Die Windsee ist im Gegensatz zur Dünung auf See leicht zu beobachten.

Dünungswellen haben eine größere Wellenlänge und die Wellenberge sind stark abgerundet. Dadurch sind sie gegenüber denen der Windsee nicht so auffällig und erst nach längerer Betrachtung des Seegangs herauszufiltern. Die Dünung hat zwei Definitionen/Ursachen:

1. Dünung ist gealterter/auslaufender Seegang. Hört der Windeinfluss auf, verschwinden zunächst die kurzen Wellen der Windsee. Physikalisch betrachtet besitzen die langen Dünungswellen eine höhere Energie. Deshalb sind sie auch nach dem Abflauen des Windes noch vorhanden.
2. Da lange Wellen (Dünung) schneller fortschreiten als kurze Wellen (Windsee), läuft die Dünung dem eigentlichen Windfeld voraus. Sie ist schon weit vor einem noch kommenden Windfeld/Sturm zu beobachten. Dünung kann daher ein Frühwarnsignal für ein noch folgendes Windfeld sein. Sie kann allerdings auch auf einen Sturm schließen lassen, der sich aber während der Verlagerung bis zum Ort der Beobachtung bereits wieder abschwächt. Dann sind außer der hohen Dünung keine weiteren Auswirkungen des Sturms eingetreten.

Dünungswellen sind auf den Ozeanen, aber auch auf Nordsee und Mittelmeer zu beobachten. Besonders nach dem Abflauen des Windes bleiben auch dort noch lange und flache Dünungswellen erhalten. Dass Dünungswellen dem eigentlichen Windfeld vorauslaufen, ist dann zu spüren, wenn man sich im Bereich einer Kreuzsee befindet. Kreuzseen entstehen bevorzugt in Nähe von Kaltfronten, Trögen oder Zentren von Tiefdruckgebieten, also dort, wo sich die Richtung des Windes stark oder sprunghaft ändert. Anhand der Abb. 8.6.2 ist zu erkennen, wie sich die beiden Wellensysteme, deren Ursprünge in unterschiedlichen Windfeldern liegen, südlich der Kaltfront überlagern. Vor der Kaltfont verlagert sich der Seegang mit südwestlichen Winden in Richtung Nordost. Hinter der Kaltfront weht ein Nordwestwind, dessen Dünungswellen das Seegangsfeld vor der Kaltfront kreuzen. Kreuzseen sind gefährlich, weil durch die Überlagerung der beiden Wellensysteme unvermutet hohe Einzelwellen entstehen. Dieses gilt vor allem in der Nähe von Trögen und Fronten von Sturmtiefs sowie Wirbelstürmen. Aber auch bei normal ausgeprägten Tiefdruckgebieten ist, beispielsweise im Mittelmeer oder auf Nord- und Ostsee, der Einfluss von Kreuzseen zu spüren.

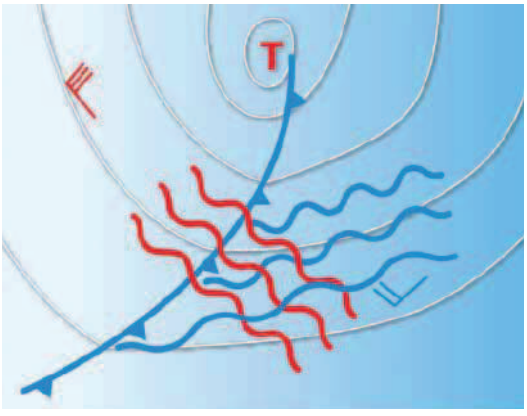


Abb. 8.6.2: Kreuzsee vor einer Kaltfront

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Auch die Bestimmung der Höhe des Seegangs bereitet oft Probleme. International wird in der Wetter- und Seegangsbeobachtung sowie in der Seegangsvorhersage die signifikante oder kennzeichnende Wellenhöhe ($H_{1/3}$) verwendet. Darunter ist die mittlere Höhe der gut ausgeprägten Wellen (Mittel des oberen Drittels) – nicht extremen Wellen – zu verstehen. Die extremen/maximalen Wellen werden nicht berücksichtigt, sie können das Doppelte der kennzeichnenden Wellenhöhe erreichen. Somit kann die Höhe einzelner Wellen den z. B. in der Seegangsvorhersage (GRIB-Daten etc.) vorhergesagten Wert der signifikanten Wellenhöhe übertreffen. Bei der Wetterbeobachtung an Bord lassen sich tagsüber die Wellenhöhen einigermaßen abschätzen. Je nach Bedeckungsgrad erscheinen die Wellen aber trotzdem mehr oder weniger hoch. Bei bedecktem Himmel oder bei schlechten Sichten werden Wellenhöhen oft unterschätzt. Nachts verhält es sich umgekehrt, die Höhe des Seegangs wird oft überschätzt.

Die Höhe des Seegangs resultiert aus mehreren Faktoren. Zusätzlich zur Windgeschwindigkeit wird sie noch bestimmt durch den *Fetch* (Windwirklänge) und die Wirkdauer des Windes. Unter dem *Fetch* ist die Anlaufstrecke zu verstehen, in der der Wind den Seegang anfachen kann. Wie in der Abb. 8.6.4 dargestellt, ist der *Fetch* als Abstand zwischen der Küstenlinie und dem Schiff unter Berücksichtigung der Windrichtung definiert. Soll der Seegang bestimmt werden, kann der *Fetch* mit Hilfe der Seekarte ermittelt werden. Die Windgeschwindigkeit kann aus Seewetterberichten, Prognosekarten oder Stationsmeldungen entnommen oder durch eigene Messungen belegt werden. Dagegen ist die Wirkdauer eher schwierig einzuschätzen.

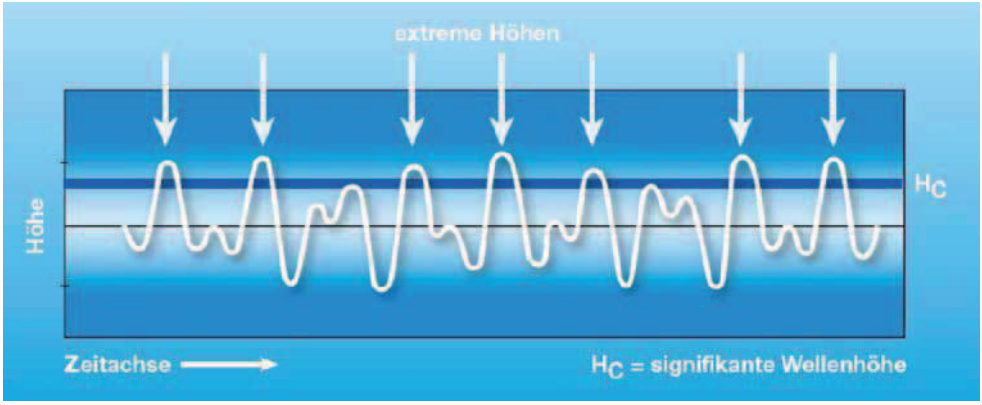


Abb. 8.6.3: Kennzeichnende Wellenhöhe $H_{1/3}$ **Quelle: [8.1.1]**

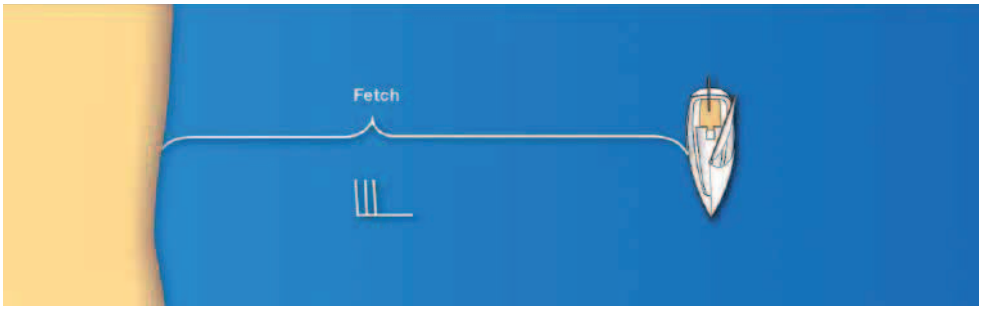


Abb. 8.6.4: *Fetch* ist die Strecke, in der der Wind wirken und den Seegang anfachen kann
Quelle: [8.1.1]

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Mit Hilfe des Diagramms in der Abb. 8.6.5 kann die kennzeichnende Wellenhöhe $H_{1/3}$ im tiefen Wasser (nach *WMO-Nr. 702*) bestimmt werden. Bei einer Windgeschwindigkeit von 30 kn, einer Wirkdauer von 12 Stunden und einem *Fetch* von 60 km geht man wie folgt vor: Auf der 30 kn-Windgeschwindigkeitskurve sucht man den Schnittpunkt zur senkrechten Linie mit der Wirkdauer von 12 Stunden. Auf der 30 kn-Windgeschwindigkeitskurve wird nun der Schnittpunkt mit der Kurve *Fetch* 60 km ermittelt. Nun lässt sich eine signifikante Wellenhöhe von 2,6 m ablesen. Erst ein *Fetch* von 200 km führt zu einer Wellenhöhe von 4 m.

Im Nordatlantik werden mittlere kennzeichnende Seegangshöhen unter 2 m im Juli und etwa 4 m im Winter angetroffen. Im nördlichen Indischen Ozean sind es im Winter etwa 1 bis 1,5 m, während in der Monsunzeit 4 m erreicht werden. Bei Sturm oder Orkan werden Vielfache dieser mittleren Seegangshöhen erreicht. Selbst in der Nordsee wurden im Südteil Wellenhöhen bei Orkan von mehr als 10 m registriert, im Nordteil im tiefen Wasser wurden auf Plattformen 15 bis 18 m aufgezeichnet. In der Ostsee sind im Südwestteil aufgrund des *Fetch* die maximalen Wellenhöhen deutlich geringer, aber im Ostteil, insbesondere in den Seegebieten Nördliche, Zentrale und Südöstliche Ostsee, sind bei Sturm Wellenhöhen von mehr als 6 m möglich.

Die Höhe des Seegangs ist nicht nur von Windgeschwindigkeit, Wirkdauer und *Fetch* abhängig. Sowohl Änderungen in der Wassertiefe als auch Meeres- und Gezeitenströme modifizieren den Seegang. Beim Übergang zum flachen Wasser ändern sich Wellenhöhe und Wellenlänge. Sobald die Wassertiefe die halbe Wellenlänge unterschreitet, beginnen die Wellen den Meeresboden zu „fühlen“. Die Verlagerung der Wellen verlangsamt sich, die Wellen werden steiler und die Wellenlänge verkürzt sich. Dieser Effekt macht sich insbesondere auf der Ostsee bemerkbar. Hier werden in der Regel sehr kurze Wellen angetroffen.

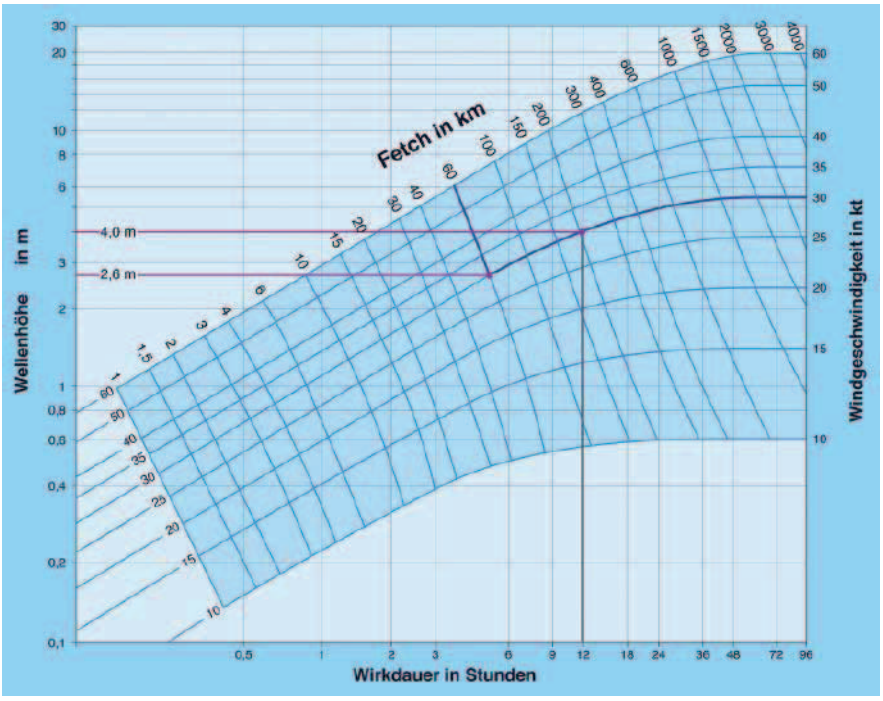


Abb. 8.6.5: Diagramm zur Bestimmung der kennzeichnenden Wellenhöhe H im tiefen Wasser (nach *WMO-Nr. 702*)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Ist ein kritischer Wert überschritten, beginnt die Brechung der Wellen. Wellen, die durch Untiefen oder durch stark abnehmende Wassertiefe in Küstennähe hervorgerufen werden, werden als Grundseen bezeichnet. Ihre Höhe kann das 2,5-fache der charakteristischen Wellenhöhe betragen. Das passiert auch abseits der Küstenlinie über Barren und Untiefen. Durch die veränderte Wassertiefe und damit verbundene verlangsamte Verlagerung beugen sich Wellen in Küstennähe, d. h. sie verändern ihre Richtung. Daher muss in Lee von kleinen Inseln oft mit kreuzlaufenden und kabbeligen Seen gerechnet werden.

Besonders in Küstennähe und in Meerengen, wo die Gezeiten erheblich in Richtung und Stärke wechselnde Strömungen im Wasser hervorrufen, wird der Seegang stark modifiziert. Läuft die See gegen den Wind, wird der Seegang steiler und kürzer. Umgekehrt verhält es sich, wenn die See und der Strom die gleiche Richtung haben. Dann wird der Seegang länger und flacher. Neben den Gezeitenströmen gilt das Beschriebene auch für alle Meeresströmungen. Für Meeresströmungen wird diese Modifikation im Seegang in Kapitel 8.6.2 für den Agulhasstrom beschrieben, wo besonders hohe und steile Extremwellen *(freak waves)* entstehen können. Die *freak waves* treten als Einzelwelle (Kaventsmann), in kleinen Gruppen *(three sisters)* und als eine mehrere hundert Meter lange Wand *(white wall)* auf.

Nach neuesten Theorien können *freak waves* unter anderem dadurch entstehen, dass ein Tiefdruckgebiet mit seinem Sturmwindfeld über einen gewissen Zeitraum und eine gewisse Distanz in Richtung der angefachten Wellen mit deren Gruppengeschwindigkeit zieht. Dadurch wird eine Konstellation von *Fetch* und Wirkdauer erzeugt, die für hohe Windstärken allgemein als sehr wenig wahrscheinlich gilt.

Treffen mehrere Wellensysteme hoher Wellen aufeinander, dann können diese sich überlagern. Dabei entstehen insbesondere im Südatlantik und Südpazifik ausgeprägte Monsterwellen (MaxWave), die wie beim Passagierschiff „MS Bremen“ im Jahr 2001 mit Höhen von bis zu 35 m angegeben wurden.

Abb. 8.6.6: Schiffsvereisung durch Spritzwasser

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Wellen können außer vom Wind auch durch Seebeben ausgelöst werden. Diese Tsunami-Wellen haben auf den Ozeanen Wellenhöhen von nur wenigen Dezimetern bei einer großen Wellenlänge. Diese Wellen laufen mit Geschwindigkeiten im Ozean von 300 bis 500 kn auf Küsten zu. Dort werden sie unter anderem durch die abnehmende Wassertiefe modifiziert, sie steilen sich auf und können in Küstennähe zu großen Schäden führen.

Insbesondere im Zusammenhang mit Seegang ist auch die Schiffsvereisung zu erwähnen. Spritzwasser kann bei Lufttemperaturen von –3 bis –18 °C und Wassertemperaturen nahe oder unter dem Gefrierpunkt beim Auftreffen auf Schiffsteile gefrieren. Über die Stärke der Vereisung entscheiden natürlich auch die Schiffsgeschwindigkeit, der Kurs bezogen auf die Richtung des Seegangs und die Windstärke. Bei tieferen Temperaturen gefriert das Spritzwasser bereits in der Luft und lagert sich nicht mehr direkt am Schiff an. Durch die Spritzwasservereisung können sich innerhalb kurzer Zeit erhebliche Mengen Eis auf dem Schiff anlagern, wodurch der Schwerpunkt und somit auch die Stabilität erheblich verändert werden.

Aber selbst bei geringem Seegang oder auch spiegelglatter See kann es zur Schiffsvereisung durch Gefrieren von Nebel (Luft mit hoher Feuchte) an kalten Schiffsteilen kommen. Das dabei gefrierende Süßwasser wird als *Black-Frost* bezeichnet.

8.6.2 Meeresströmungen

Gemeinsam mit der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation transportieren Meeresströmungen die wesentlichen Wärmemengen auf der Erde. Die Transportgeschwindigkeit liegt zwischen 15 und 30 sm pro Tag. In bestimmten Gebieten werden weit über 50 sm pro Tag erreicht.

Die Oberflächenströmungen werden im Wesentlichen durch Windschub als Driftströmungen erzeugt. Infolge der Reibung an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft erfolgt ein Impulstransport, der das Wasser nahezu in Richtung des Windes bewegt. Durch innere Reibung (Viskosität) werden Wassermassen in tieferen Schichten (bis zu 200 m) vom Oberflächenwasser mitgezogen. Zusätzlich entstehen infolge von Dichteunterschieden (Veränderung des Salzgehaltes und der Temperatur) auch vertikale Strömungen. Durch die globale atmosphärische Zirkulation gibt es relativ stabile Luftströmungen um die großen subtropischen Hochdruckgürtel, auf der Nord- und Südhalbkugel entsprechend, und das sieht auf den Ozeanen recht ähnlich aus. Auf dem Atlantischen Ozean und dem Pazifischen Ozean existieren zwei große Strömungskreise, jeweils einer nördlich und südlich des Äquators. Auf dem Indischen Ozean gibt es nur einen Strömungskreis wegen der Monsunzirkulation. Besonders auf der Nordhalbkugel folgen die Strömungen den Küsten der Kontinente. Wegen der Strömungsrichtung im Uhrzeigersinn liegen die Küsten jeweils in Richtung der Strömung betrachtet links von der Strömung. Grundsätzlich erkennt man, dass an den Westküsten beider Halbkugeln kaltes polares Wasser in gemäßigte Breiten transportiert wird. Dagegen strömt warmes subtropisches Wasser an den Ostküsten polwärts.

Die kalten und warmen oberflächennahen Meeresströmungen sind in Abb. 8.6.7 dargestellt. Auf dem Nordatlantik erkennt man den Stromkreis mit dem warmen Nordäquatorialstrom, dem Antillen- und Karibikstrom. Nordöstlich davon beginnt der Golfstrom mit dem anschließenden Nordatlantikstrom. Nach Süden schließt sich der Kreis durch den kalten Kanarenstrom, der wieder in den Nordäquatorialstrom übergeht. Auf dem Südatlantik dreht ein Teil des Antarktischen Zirkumpolarstroms vor Südafrika mit der Bodenwindströmung nach Norden ab als kalter Benguelastrom, der in den Südäquatorialstrom mündet und südlich des Äquators vor Südamerika als warmer Brasilstrom wieder südwärts fließt. Im Stromkreis des Indischen Ozeans ist besonders der warme, südwärts setzende Agulhasstrom zu erwähnen. Auf dem

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

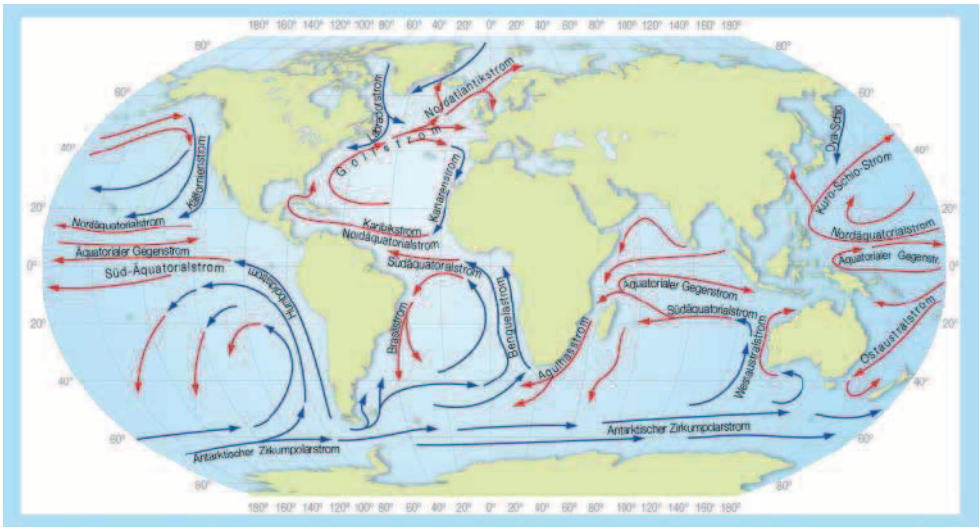


Abb. 8.6.7: Oberflächige Meeresströmungen **Quelle: [8.1.1]**

Nordpazifik wendet sich der warme Nordäquatorialstrom bei den Philippinen nordwärts und fließt als warmer Kuro-Schio-Strom an Japan vorbei. Er kommt als Pazifikstrom an der Westküste Kanadas und der USA an, wo er der Küste nach Süden folgt als kalter Kalifornienstrom. Auf dem Südpazifik dreht ein Teil des Antarktischen Zirkumpolarstroms vor Südamerika als kalter Humboldtstrom nordwärts. Er mündet in den Südäquatorialstrom und fließt östlich von Neuseeland zurück. Ein weiterer Stromkreis schließt sich zwischen Neuseeland und Australien als warmer Ostaustralstrom an. Westlich Australiens fließt der kältere Westaustralstrom nordwärts. Zwischen den beiden Süd- und Nordäquatorialströmen hat sich zum Massenausgleich der Äquatoriale Gegenstrom ausgebildet. Die äquatorialen Gegenströmungen sind die ostwärts fließenden Äste der tropischen Strömungskreise, in dem Teile der westwärts transportierten Wassermassen des Nord- und des Südäquatorialstromes zurückfließen. Im Pazifik und Atlantik ist der Äquatoriale Gegenstrom ganzjährig, im Indischen Ozean nur in den Sommermonaten (Mai bis Oktober) anzutreffen.

Hinweise zu den Strömungen (Richtung, Geschwindigkeit) und deren Beständigkeit können den *Pilot Charts* oder den Monatskarten des BSH entnommen werden (siehe Abb. 8.6.8).

Besondere Meeresströmungen und von Bedeutung für die Schifffahrt sind der Golfstrom und der Agulhasstrom. Der Golfstrom beginnt an der US-Ostküste bei Florida, verläuft bis North Carolina parallel zur Küste. Dort erreicht er Geschwindigkeiten von 2,5 kn und mehr mit einer Breite bis 50 sm. Unter Land bilden sich zum Teil Neerströme aus. Im weiteren Verlauf schwenkt er dann nordostwärts. An der Grenzfläche zum Labradorstrom tritt eine Vermischung mit dem warmen Golfstrom ein, die sich als Mäander und Wirbel vom Strom ablöst. Dabei bilden sich kalte und warme Wirbel *(cold/warm eddies)* mit Durchmessern von 50 bis 150 sm. Beim Durchfahren führen diese zu einer Erhöhung oder Reduzierung der Fahrt um etwa 2 kn. Der warme Golfstrom wechselt weiter in den Nordatlantikstrom, der sich bis nach Spitzbergen fortsetzt und den Südteil dieser Insel weitgehend eisfrei hält. Der Nordatlantikstrom erreicht im Mittel Geschwindigkeiten von 0,5 kn.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

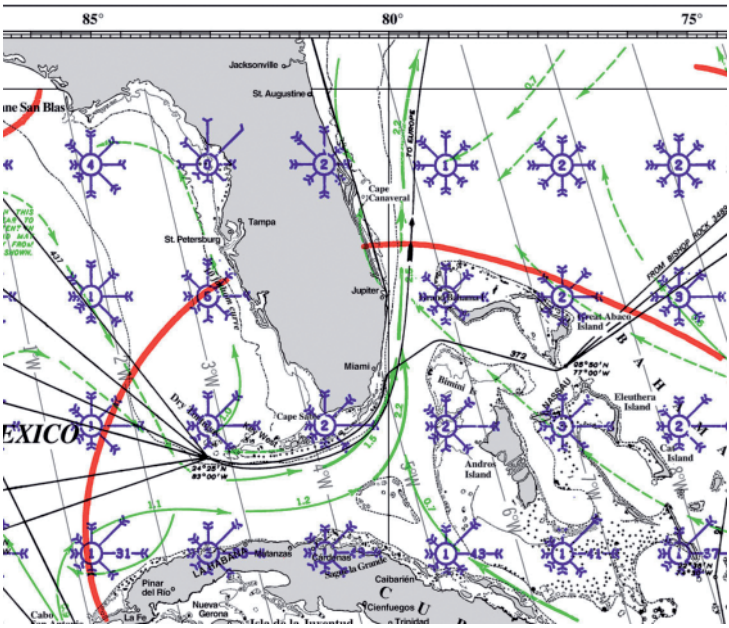


Abb. 8.6.8: Der Golfstrom (grüne Pfeile), dargestellt in den *Pilot Charts* (Auszug Monat Januar)

Der Agulhasstrom setzt entlang der südafrikanischen Ostküste vom Äquator süd- oder südwestwärts. Er ist schmal, 22–24° C warm, mit 5 kn relativ schnell und trifft nahe und östlich des Kaps der Guten Hoffnung häufig auf starke Südwestwinde, die sich auf der Rückseite der Tiefdruckgebiete (nach Kaltfronten und Trögen) durchsetzen. Die Winde sind entgegengesetzt zur Strömung und steilen die See heftig auf. Erzeugt werden dabei extreme Wellenhöhen *(freak waves)*.

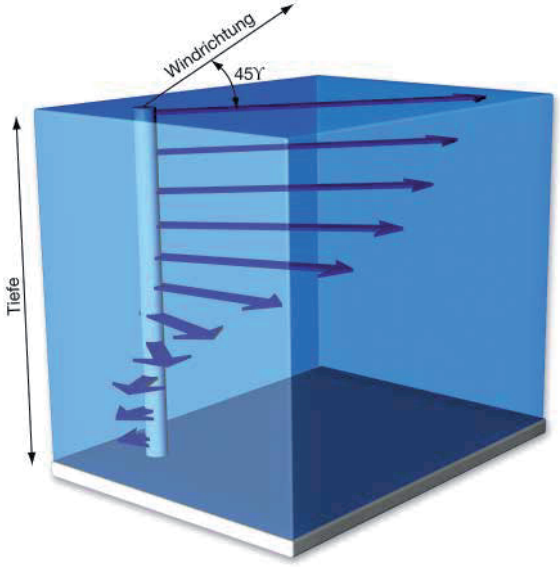


Abb. 8.6.9: Ekman-Spirale **Quelle: [8.6.1]**

Wegen der inneren Reibung setzen sich die Meeresströmungen in eine Tiefe bis etwa 200 m fort. Bereits an der Wasseroberfläche beeinflusst die Corioliskraft die Drift – auf der Nordhalbkugel wirkt sie rechtsablenkend. Jede tiefer liegende Wasserschicht wird nun von der über ihr liegenden mitgezogen, wobei mit der Tiefe der unmittelbare Windeinfluss abnimmt. Die Wirkung der Corioliskraft bleibt dagegen bestehen, so dass sie in größeren Tiefen immer mehr an Einfluss gewinnt. Die Ablenkung nimmt also mit der Tiefe zu. Diese Drehung ist als Ekman-Spirale in Abb. 8.6.9 dargestellt.

Eine Folge der Ekman-Spirale ergibt sich an den Westseiten der Konti-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

nente, z. B. beim Kalifornienstrom. Die zunächst küstenparallele Strömung wird wegen der Corioliskraft nach rechts abgelenkt. Dadurch wird Masse von der Küste wegtransportiert, so dass aus der Tiefe nährstoffreiches Auftriebswasser zur Oberfläche strömt.

8.6.3 Gezeitenströme

Die längsten Wellen des Ozeans sind mit den Gezeiten verknüpft. Auswirkungen sind das rhythmische Steigen und Fallen des Wasserstandes und dadurch regelmäßig sich ändernde Gezeitenströme. Gezeiten treten in Randmeeren nur dann merklich auf, wenn sie entweder sehr groß sind oder eine genügend große Verbindung zum Ozean haben, wie zum Beispiel die Nordsee. Ist die Verbindung zum Ozean von geringeren Ausmaßen, werden im Randmeer Gezeitenwellen nur unter Umständen angeregt.

Gezeiten werden durch die Anziehungskraft von Mond und Sonne hervorgerufen. An jedem Ort auf der Erdoberfläche hat die Gezeit einen komplizierten Charakter, sie setzt sich aus so genannten Partialgezeiten zusammen, die jeweils in Beziehung zur Bewegung der Erde relativ zum Mond und zur Sonne stehen. Um die Gezeiten zu verstehen, ist es erforderlich, die gezeitenauslösenden Kräfte zu betrachten. Weitere Hinweise finden sich dazu auch in Kapitel 2.1. Die Abb. 8.6.10 zeigt die Bahn der Erde und des Mondes um die Sonne, wobei sich der Mond um die Erde innerhalb von etwa 27,5 Tagen einmal (etwa 13-mal im Jahr) dreht.

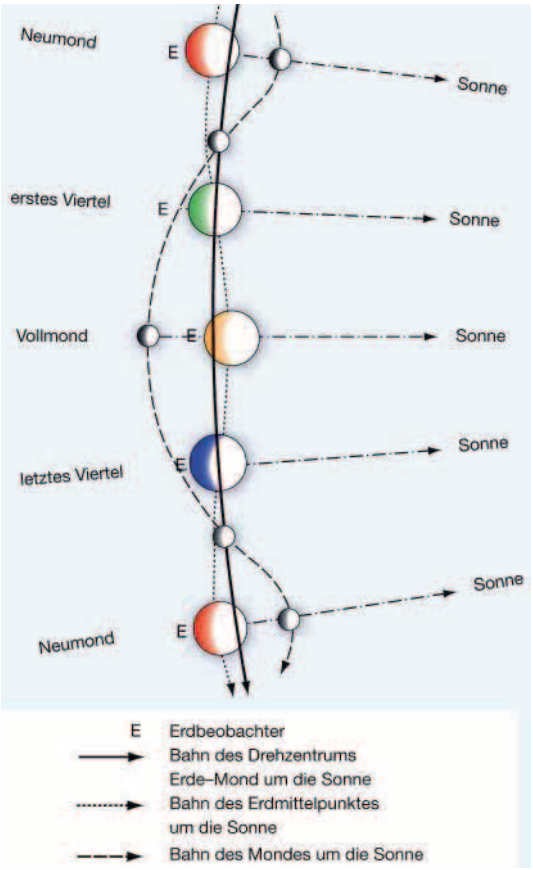


Abb. 8.6.10: Bahnen von Sonne und Mond um die Erde **Quelle: [8.6.1]**

Ein stationärer Erdbeobachter im Punkt „E“ auf der Erdoberfläche sieht den Mond jeden Tag zur selben Zeit um 360/27,5 = 13 Grad versetzt, das heißt, der Mondtag dauert 24 Stunden und 50 Minuten. Startet man mit Neumond, beobachtet man nach nicht ganz 14 Tagen den Vollmond, nachdem der Mond inzwischen die Erde halb umrundet hat. Es treten bei dieser Bewegung zwei Kräfte auf, zum einen die Anziehungskraft Erde-Mond und zum anderen die Zentrifugalkraft des Systems Erde-Mond. Beide Kräfte halten sich das Gleichgewicht. Während die Anziehungskraft je nach Stellung des Erdbeobachters zum Mond variiert, ist die Zentrifugalkraft des Systems Erde-Mond auf der Erdoberfläche überall gleich. Der Drehpunkt bzw. der gemeinsame Schwerpunkt des Systems Erde-Mond liegt innerhalb der Erde, etwa 1⁄4 Erdradius (1700 km) unterhalb der Erdoberfläche. Dieser Schwerpunkt bewegt sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne, während der Erdmittelpunkt um diese Bahn mal näher, mal entfernter zur Sonne verläuft. Diese kreisförmige Bahn

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

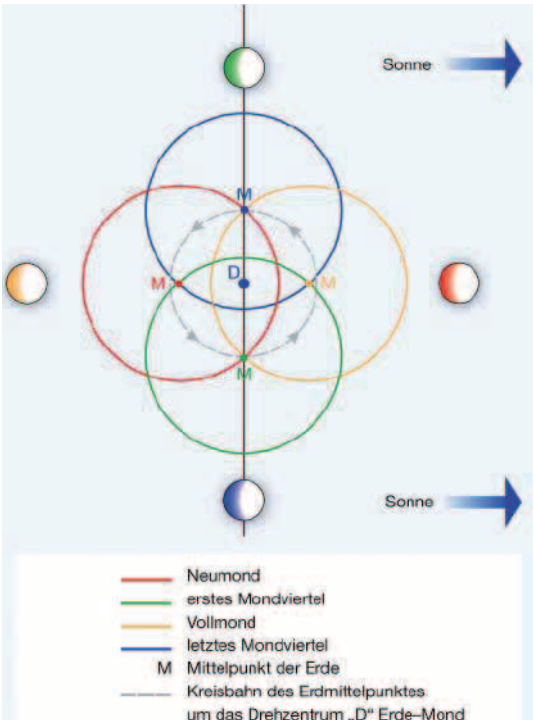


Abb. 8.6.11: Bahn des Erdmittelpunktes um die elliptische Bahn des Schwerpunktes Erde-Mond
Quelle: [8.6.1]

des Erdmittelpunktes (Abb. 8.6.11) um die elliptische Bahn des Schwerpunktes Erde-Mond erzeugt wie jede Drehbewegung eine Zentrifugalkraft, die überall auf der Erdoberfläche gleich groß ist.

Dagegen variiert die Anziehungskraft auf den Mond. Auf der dem Mond zugewandten Seite der Erde wird die gering erhöhte Gravitationskraft (aufgrund der größeren Nähe zum Mond) durch die Zentrifugalkraft zwar abgeschwächt, es bleibt aber dennoch eine Kraft in Richtung Mond übrig. Auf der dem Mond abgewandten Seite ist die Gravitationskraft etwas geringer (wegen der größeren Entfernung zum Mond) und die Zentrifugalkraft des Systems Erde-Mond wirkt gegen die Anziehungskraft auf den Mond, also in entgegengesetzter Richtung, weg vom Mond, um denselben Betrag (Abb. 8.6.12).

Auch die Sonne bewirkt Gezeiten. Die entsprechenden Kräfte sind jedoch aufgrund der großen Distanz der Erde zur Sonne nicht einmal halb so groß wie die des Mondes (nur 46 %). Die hier erläuterte Form der halbtägigen Gezeiten ist sehr vereinfacht. Diese Art des Gezeitenverlaufs ist die am meisten beobachtete. Neben den halbtägigen werden in anderen Meeresgebieten auch eintägige Gezeiten beobachtet, und es gibt auch Mischformen von eintägigen und halbtägigen Gezeiten. In europäischen Meeresgebieten treten jedoch überwiegend halbtägige Gezeiten auf.

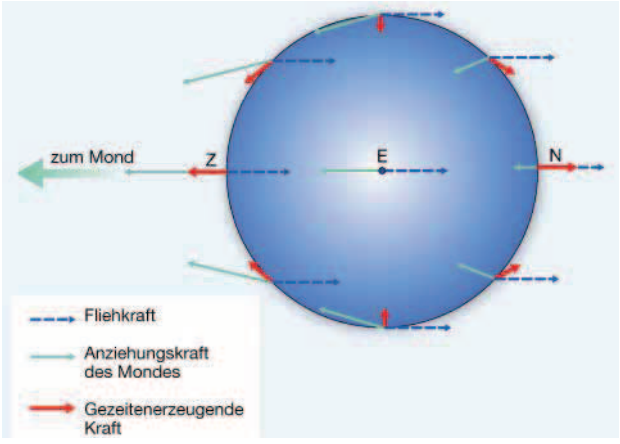


Abb. 8.6.12: Gezeitenerzeugende Kräfte **Quelle: [8.6.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Tidenhub beträgt auf den Ozeanen bis zu 0,75 m. Wesentlich größer ist der Tidenhub an den Küsten und hier besonders in engen Buchten und Flussmündungen, da sich hier die Gezeitenwelle nicht mehr wie auf dem freien Ozean unbeeinflusst verlagern kann. Die Strömungen, die vom Wellenberg der Gezeitenwelle zum Wellental entstehen, sind auf dem Ozean sehr gering, im Küstenbereich aufgrund des großen Gezeitenhubs stark. An jedem Ort wird dabei genauso viel Wasser bei Flut herangeführt wie bei Ebbe weggeführt. Während der Tidenhub in der westlichen Ostsee nur ca. 30 cm beträgt, werden an der deutschen Nordseeküste um 3 m erreicht. In den tidebeeinflussten Flüssen, z. B. Elbe und Weser, beträgt der Tidenhub aufgrund der Trichterwirkung bis über 4 m. Höher als in den deutschen Küstengewässern ist der Tidenhub unter anderem bei St. Malo in Frankreich oder im Bristol-Channel zwischen Wales und England, er kann dort fast 12 m erreichen. Besonders hohe Tidenhübe gibt es auch an der Ostküste Nordamerikas: der wahrscheinlich größte Tidenhub der Erde findet sich an der Bay of Fundy in Kanada. Dort drängt sich die Tide des Atlantischen Ozeans in eine Meerenge und bewirkt einen Tidenhub von bis zu 15 m.

Außer den Gezeiten beeinflussen Luftdruck, Windrichtung und Windstärke den mittleren Wasserstand. Eine Erhöhung des Luftdrucks um 30 hPa führt etwa zu einer Reduktion im mittleren Wasserstand von 30 cm. Wesentlich größer sind die Änderungen durch den Wind. So erreicht die Wasserstandserhöhung durch den Windstau bei Hochwasser in der trichterförmigen Elbemündung in Cuxhaven bei Westnordwestwind der Stärke 6 etwa 0,5 m über mittlerem Hochwasser, bei Windstärke 10 über 3 m. Umgekehrt beträgt die Wasserstandserniedrigung bei Niedrigwasser in Cuxhaven bei Ostwind der Stärke 10 etwa 2 m.

Änderungen im Wasserstand werden auch durch Seiches hervorgerufen. Dabei handelt es um stehende Wellen (Eigenschwingungen) in einem Seegebiet. Sie treten am auffälligsten in allen natürlichen abgeschlossenen Gewässern auf und werden durch den Wind erzeugt. Sie treten z. B. in der Ostsee oder den Große Seen Nordamerikas auf, wo Schwankungen im Wasserstand von etwa 3 m beobachtet wurden [8.6.1, 8.6.6, 8.6.7].

8.6.4 Meereis

Das Meereis an der Oberfläche von Meeren, Seen und Flüssen hat einen erheblichen Einfluss auf die Schifffahrt. In strengen Wintern kann es den Seeverkehr besonders in Randmeeren zum Erliegen bringen. Es gibt aber auch Gebiete wie die Nordwest- und Nordostpassage der Arktis, in denen ständig mit Eisbrechern Fahrrinnen freigehalten werden.

Bei einer Temperatur von 0 °C ändert sich der Aggregatzustand des Wassers von der flüssigen in die feste Form. Eis hat eine geringere Dichte als Wasser, deshalb schwimmt es. Wie stark die Meereisbildung ist, hängt im Wesentlichen von den meteorologischen Bedingungen ab, also der Lufttemperatur und der Andauer niedriger Lufttemperaturen.

Die Eisbildung wird auch durch weitere Faktoren wie etwa Salzgehalt des Wassers, Wassertiefe, Gezeiten- und Meeresströmungen und Seegang beeinflusst. Mit zunehmendem Salzgehalt sinkt der Gefrierpunkt des Meerwassers. Bei einem mittleren Salzgehalt liegt der Gefrierpunkt bei etwa –1,8° C. Da bei größeren Wassertiefen mehr Zeit für die Abkühlung erforderlich ist, beginnt die Eisbildung meist in Küstengewässern. In stehenden Gewässern (ohne Tide) folgt sie meist den Tiefenlinien. Auch Schneefall begünstigt die Eisbildung, denn der Schnee kühlt die oberflächennahe Schicht rasch ab.

Das Meereis bedeckt im Mittel rund 6,5 % der Ozeane. Bei Abkühlung des Wassers sammeln sich zunächst millimetergroße Eiskristalle an. Bei ruhigem Wetter entsteht dabei ein mehrere Dezimeter dicker Eisbrei. Bei glattem Wasser bildet sich eine kristalline Neueisdecke. Diese wird häufig als Nilas bezeichnet und ist beim Zufrieren von Seen zu beobachten oder auch auf

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

von Eisbrechern eröffneten Rinnen. Ist dagegen das Meer bewegt, verdichtet sich der Eisbrei zu Klumpen. Durch Aneinanderreiben bekommen die Klumpen eine scheiben- oder pfannkuchenförmige Gestalt (Abb. 8.6.13).

Abb. 8.6.13: Pfannkucheneis in der Antarktis

Bei Andauer von tiefen Temperaturen und wenig Seegang bildet sich dann Festeis. Wird das Festeis wiederum durch Seegang aufgebrochen, spricht man allgemein von Packeis. Wirkt auf das Packeis Wind oder Strom, kann das zu einem hohen Seitendruck auf die Schollen führen und es bildet sich Presseis. Mitunter schieben sich die Schollen übereinander, wenn sie z. B. auf ein Hindernis stoßen, dann entstehen Presseisrücken, die einige Meter hoch sein können (Abb. 8.6.14).

Ein Schiff kann durch eine Neueisdecke oder Pfannkucheneis fahren. Bei der Fahrt durch Treibeis/Packeis sollten Gebiete vermieden werden, in denen das Eis gepresst werden könnte. Presseisrücken können in der Regel nur von Eisbrechern durchfahren werden. Bei der Fahrt durch Packeis ist auch zu beachten, dass eine frische Schneeauflage die Fahrt reduziert, da die Reibung mit dem Schiffsrumpf erhöht ist.

In der internationalen Eisnomenklatur (siehe Tabelle 8.6.1) wird weiterhin noch zwischen erstjährigem und mehrjährigem Eis unterschieden. Das mehrjährige Eis in der Arktis hat Dicken zwischen 3 und 4 m, in der Antarktis meist geringere [8.6.8]. Aus Platzgründen sind nur wenige Bilder zum Aussehen des Meereis enthalten. Wie bei den Wolkenbildern wird daher auch an dieser Stelle auf die *NP100 Mariner's Handbook* [8.1.5] verwiesen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

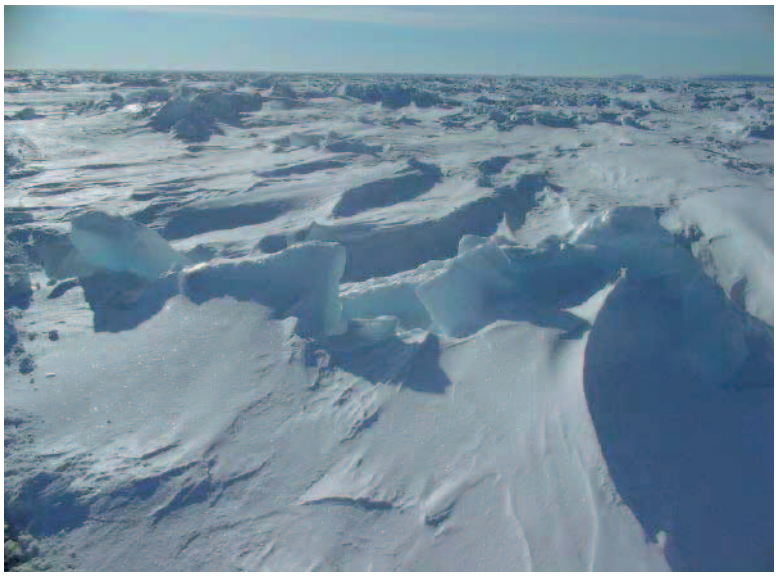


Abb. 8.6.14: Presseisrücken

Art	Beschreibung
Eisschlamm *Grease Ice*	Eisschlamm entsteht aus Eisnadeln oder Eisplättchen (*Frazil Ice*) und bildet eine suppenartige Schicht an der Wasseroberfläche
Nilas	Dünne elastische Eisschicht. Bildung bei ruhiger See
Pfannkucheneis *Pancake Ice*	Runde Eisstücke mit einem Durchmesser von 30 cm bis 3 m und mit wulstigen Rändern, die durch Kollisionen unter dem Einfluss des Seegangs gebildet werden
Junges Eis *Young Ice*	Übergang vom Nilas zum erstjährigen Eis
Erstjähriges Eis *First-Year Ice*	Meereis, das in nur einem Winter gebildet wurde
Mehrjähriges Eis *Multi-Year Ice*	Meereis, das die Eisschmelze mindestens eines Sommers überstanden hat
Trümmereis *Brash Ice*	Eisbruchstücke
Rinne *Lead*	Bruch oder Durchgang im Meereis
Polynia	Öffnung im Meereis
Offenes Wasser *Open Water*	Nicht vom Meereis bedeckter Ozean

Tabelle 8.6.1: Auszug aus der Nomenklatur für Meereis **Quelle: [8.4.3]**

Eiskarten können bei verschiedenen nationalen Hydrografischen Instituten im Internet eingesehen oder angefordert werden. Die Ausstrahlung erfolgt auch über Faksimilie. Neben der farblichen Darstellung bezüglich der Bedeckung in Zehntel werden die unterschiedlichen Eisarten und deren Entwicklungszustand im *Egg Code* beschrieben.

Neben dem Meereis stellen Eisberge eine weitere Gefahr für die Schifffahrt dar. Eisberge entstehen an den Küsten der Polargebiete. Die mächtigen Inlandeismassen sowohl Grönlands als auch der Antarktis fließen aufgrund der Schwerkraft in Form von Gletschern zu den Küsten ab. Man unterscheidet in Tafel- und Gipfeleisberge.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

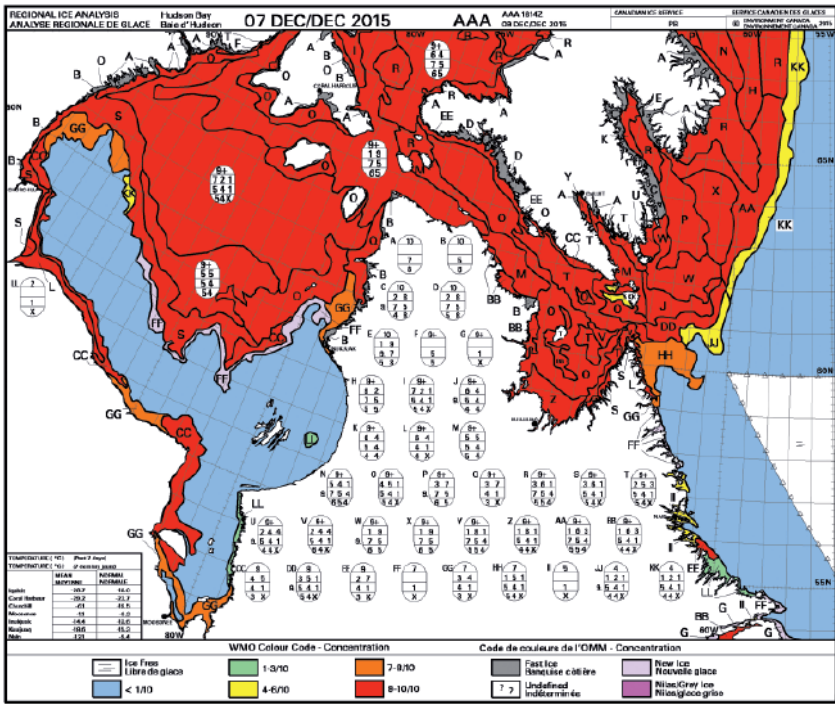


Abb. 8.6.15: Eis-Analyse für das Gebiet der Hudson Bay Quelle: Environmental Canada

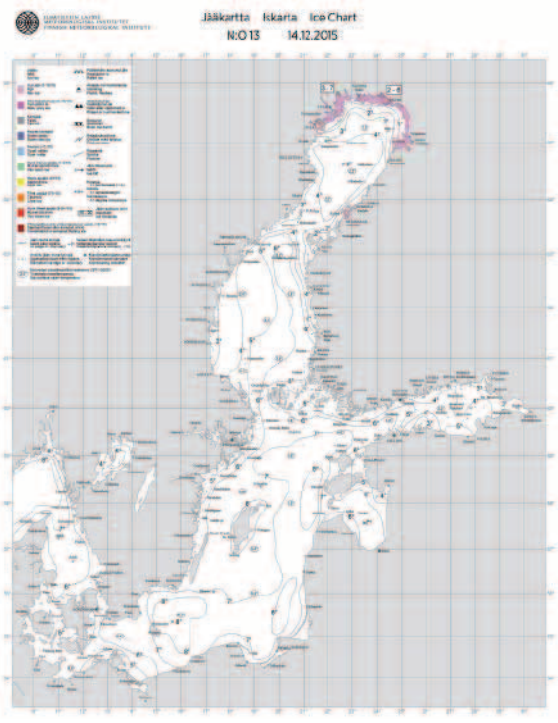


Abb. 8.6.16: Eiskarte des Finish Meteorological Institute

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Tafeleisberge mit maximalen Seitenlängen bis zu 300 km kommen nur in den Regionen der Antarktis vor. Sie stammen von den Schelfeisplatten. Das Schelfeis entsteht, wenn der Gletscher an die Küsten, also den Meeresgrund, gelangt. Die Eisdecke schiebt sich auf dem Boden des Schelfmeeres zum offenen Ozean vor. Selbst bei Wassertiefen von 600 m ist dies der Fall. Wird das Wasser tiefer, beginnt die Schelfeisdecke zu schwimmen und die Dicke nimmt ab. Die schwimmende Schelfeisdecke wird an den Rändern durch lange Dünungswellen des Ozeans bewegt. Dabei brechen größere Teile ab, die dann als Tafeleisberge mit den Meeres- oder Windströmungen treiben. Den Vorgang des Abbrechens nennt man „kalben". Der Eisberg schwimmt, da er aus gefrorenem Süßwasser besteht, welches ein geringeres spezifisches Gewicht als Meerwasser besitzt. Das Verhältnis zwischen der Höhe des Tafeleisbergs zum Tiefgang beträgt 1:7. Bei einer Höhe von ca. 30 m beträgt also der Tiefgang 210 m.

Abb. 8.6.17: Tafeleisberge in der Antarktis

Gipfeleisberge haben ihren Ursprung im Nordpolarmeer aus den Gletschern Grönlands. Da die Temperaturen nahe der grönländischen Küste, eher als an der antarktischen Küste, positive Werte erreichen, bilden sich keine großen Schelfeisflächen. Daher sind die Eisberge eher unregelmäßig geformt. Es ragen bei dem unregelmäßig geformten Gipfeleisberg nur die Zacken aus dem Wasser, die kompakte Masse befindet sich wie beim Tafeleisberg unter Wasser. Daher beträgt das Verhältnis zwischen Höhe und Tiefgang 1:5. Der Gipfeleisberg erreicht Höhen bis zu 70 m über der Meeresoberfläche. Maximale Höhen bis zu 215 m Höhe wurden bereits gemessen. Im Winter frieren die Eisberge in der Meereisdecke fest. Besonders im Frühjahr und Sommer treiben sie mit den Meeresströmungen, wie dem Ostgrönland- oder Labradorstrom, nach Süden. Mit Hilfe von Flugzeugen, Satelliten und Schiffen wird täglich die Eisberggrenze durch den *Canadian Ice Service* analysiert und veröffentlicht. Für den Seeverkehr im Nordatlantik spielt das eine wesentliche Rolle. Während sich Eisberge im Radar in einer Entfernung von 10 bis 20 sm gut lokalisieren lassen, besteht eine große Gefahr bei *Growlern. Growler*, die noch zerklüftet und etwa 3 m hoch sind, lassen sich mit dem Radar in 1 bis 2 sm Entfernung erkennen. Das ist bei den heutzutage üblichen Schiffsgeschwindigkeiten nicht gerade viel. Bei Seegang wird die Erkennung mit dem Radar schwieriger. Besonders schlecht sind die *Growler* im Radar auszumachen, die durch Seegang an der Oberfläche „glatt gewaschen" wurden. Daher birgt das Seegebiet bei Neufundland mit Eisbergen, *Growlern* und dem durch das kalte Meerwasser bedingten Kaltwassernebel besondere Gefahren.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

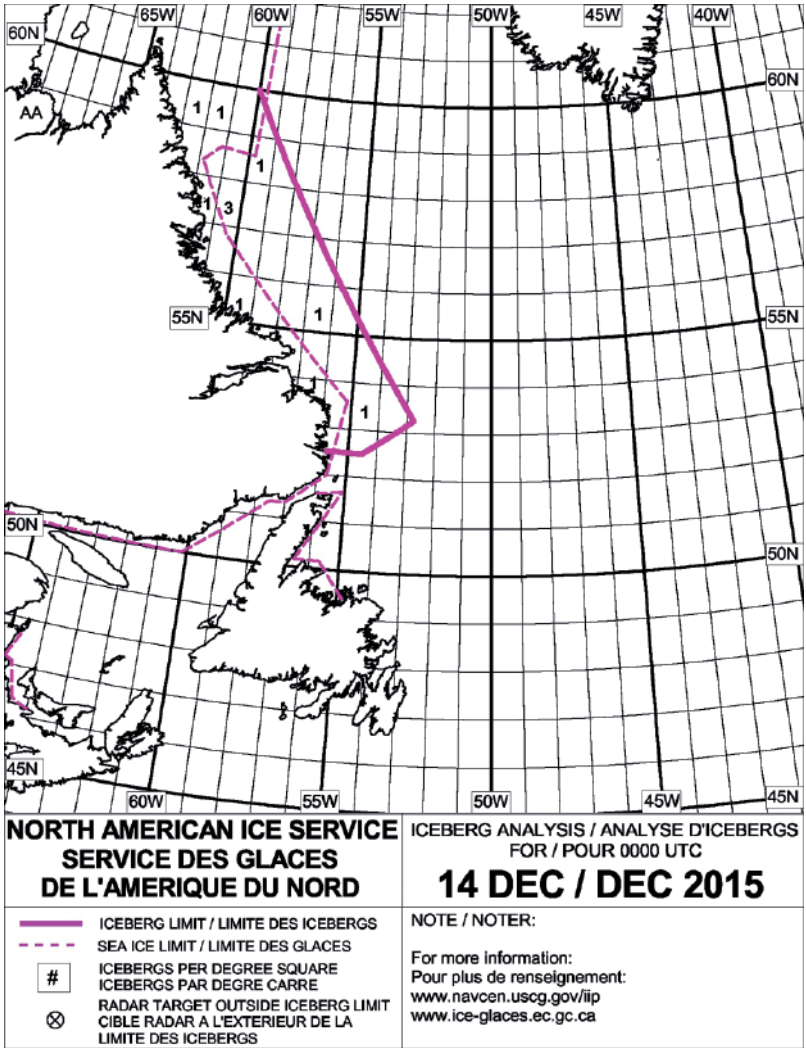


Abb. 8.6.18: Eisberggrenze des *Canadian Ice Service* für den Nordatlantik

8.7 Tropische Wirbelstürme

8.7.1 Entstehung

Die Entwicklung von Wirbelstürmen kann trotz moderner Wettervorhersagemodelle noch nicht exakt vorhergesagt werden. Nach ihrer Entstehung und Analyse können aber relativ treffsichere Aussagen zu deren Verlagerung und Entwicklung von den Vorhersagezentralen (z. B. NHC in Miami) gemacht werden.

Man unterscheidet in den Tropen vier Arten von Tiefdruckgebieten. Die tropische Störung mit einem Wolkenfeld *(cloud cluster)*, die unterste Entwicklungsstufe, tritt am häufigsten auf. Sie entsteht bevorzugt im Bereich einer *Easterly Wave*, die in Form eines schwachen Troges im

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Passatgürtel von Ost nach West wandert. Diese Tröge können das ganze Jahr über in den Passatgürteln auftreten, nur 9 % entwickeln sich zu einem tropischen Wirbelsturm. Sie verlagern sich mit etwa 20 kn westwärts und bringen auf der Vorder- und Rückseite Änderungen in der Windrichtung und -stärke, wie in der Abb. 8.7.1 dargestellt. Im Bereich der *Easterly Wave* muss kurzzeitig mit Starkwinden, manchmal auch bis Sturmstärke und schlechten Sichten durch Schauer oder Gewitter, gerechnet werden.

Abb. 8.7.1: *Easterly Wave* über dem Nordatlantik **Quelle: [8.1.1]**

Die *Easterly Wave* kann sich zu einem tropischen Tief (*tropical depression*) mit geschlossener Zirkulation entwickeln. In der Nähe treten Winde in Bodennähe bis Stärke Bft 7 auf. Die nächste Entwicklungsstufe ist der tropische Sturm (*tropical storm*) mit Windstärken von Bft 8 bis einschließlich Bft 11. Der tropische Orkan erreicht Windgeschwindigkeiten über 64 kt und kann sich bis zu 135 kn intensivieren. Im Vergleich zur Anzahl außertropischer Zyklone (Tiefdruckgebiet) in der Westwinddrift ist die Entwicklung eines tropischen Orkans (*hurricane* oder synonym) eher selten. Er besitzt keine Fronten. Erst wenn er außertropisch wird und in die Westwinddrift gelangt, kann er wie Tiefdruckgebiete der Westwinddrift durch Transport neuer kalter und warmer Luftmassen nahe der Polarfront wieder Fronten aufweisen.

Die Entstehung eines tropischen Orkans ist bis heute nicht vollständig geklärt, anhand von langen Beobachtungen konnte aber festgestellt werden, dass u. a. folgende Bedingungen erfüllt sein müssen:

- Temperatur der Meeresoberfläche ≥ 27 °C
- Geografische Breite über 5 Grad
- Entwicklung überwiegend aus westwärts wandernden tropischen Störungen *(Easterly Wave)*
- Entstehung ausschließlich über den Ozeanen

Die hohen Wassertemperaturen sind erforderlich, damit ausreichend Energie zur Verfügung steht. Die wasserdampfreiche Luft über der Meeresoberfläche wird im konvergenten Windfeld (Zusammenfließen der Luft) zum tiefen Druck bewegt und dort zum Aufsteigen gezwungen. Es muss jedoch ein gewisser Abstand zum Äquator gegeben sein, denn bei zu geringer Coriolis-kraft ist eine geschlossene Zirkulation nicht möglich.

Solange sich der Wirbel über dem sehr warmen Wasser befindet, ist der Energienachschub begünstigt. Über kälterem Wasser wird die Entwicklung gehemmt, über Land wird der Wirbelsturm auch durch die erhöhte Bodenreibung abgeschwächt.

Wirbelstürme erreichen nicht so horizontale Ausdehnungen wie etwa umfangreiche Sturmtiefs der Westwinddrift. Das Gebiet mit Windgeschwindigkeiten von Orkanstärke (> 64 kn und Böen bis ca. 150 kn) hat eine Breite von mindestens 80 sm, vereinzelt bis 200 sm. In einem Be-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

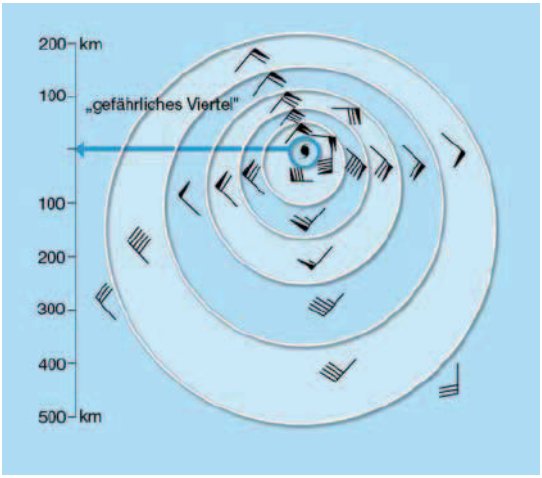


Abb. 8.7.2: Windverteilung in einem Hurrikan auf der Nordhalbkugel (schematisch) Quelle: [8.1.1]

reich von 300 bis 500 sm Durchmesser um das Auge treten Sturmstärken (ab Bft 8) auf. Das Auge hat eine Ausdehnung von 15 bis etwa 25 sm. Der Übergang zum Auge ist durch plötzliche Windabnahme gekennzeichnet und meist wolkenlos.

Der Hurrikan hat eine gewisse Asymmetrie. Die höchsten Windgeschwindigkeiten werden auf der Nordhalbkugel, in Zugrichtung gesehen auf der rechten Seite (Abb. 8.7.2), der Seite des steuernden Subtropenhochs, angetroffen. Hier addiert sich die zyklonale Rotation des Wirbelsturms mit der östlichen Grundströmung des Hochs. Die rechte Vorderseite wird daher auch als „gefährliches Viertel" bezeichnet.

Infolge der Wirkung der hohen Windstärken und Turbulenzen ist der Zustand der Meeresoberfläche im Bereich tropischer Orkane chaotisch. Hoher Seegang und Gischt lassen die Grenze zwischen Ozean und Atmosphäre verschwimmen. Die kennzeichnende Wellenhöhe liegt bei etwa 12 m, Einzelwellen können gut doppelt so hoch sein. Im Bereich des tropischen Orkans ist vor allem in Kernnähe mit Kreuzsee zu rechnen. Aus dem Zentrum laufen die Wellen mit etwa dem fünffachen Wert der Verlagerungsgeschwindigkeit des Hurrikans, sodass für Schifffahrt und Küste schon in einem weiten Vorfeld Gefahr besteht. An den Küsten treten zudem Flutwellen auf, die erhebliche Wasserstandserhöhungen und Zerstörungen verursachen.

8.7.2 Anzeichen für die Annäherung eines tropischen Wirbelsturms

Neben den zu beachtenden Warnungen der nationalen Wetterdienste sollten insbesondere die See, die Wolken und vor allem der Luftdruck aufmerksam beobachtet werden.

Sichere Anzeichen sind:

- die in den Tropen tägliche Entwicklung des Luftdrucks (Luftdruckminima um ca. 4 und 16 Uhr Ortszeit sowie Luftdruckmaxima um ca. 10 und 22 Uhr Ortszeit) bleibt aus,
- der Luftdruck weicht um mehr als 3 hPa vom langjährigen Mittel ab,
- bei einer Abweichung von mehr als 5 hPa sollte von einem Wirbelsturm ausgegangen werden. Das Barometer sollte stündlich abgelesen werden,
- der Wind verändert sich in Stärke und Richtung erheblich,
- die in den Passatwinden vorhandene Dünung wird deutlich höher und kommt aus der Richtung, in der der Wirbelsturm vermutet wird,
- am Himmel zeigen sich ausgeprägte Felder mit Cirrusbewölkung, oft spiralförmig angeordnet,
- das Radar gibt eine Vorwarnung in einem Radius von etwa 100 Seemeilen. Da nun aber das Zentrum schon sehr nahe ist, sollten sofort Ausweichmanöver eingeleitet werden.

Nach *SOLAS* Kapitel V sind alle Schiffe zu einer Meldung verpflichtet, die sich in der Nähe eines tropischen Wirbelsturms befinden. Schiffe sollten die nächste Küstenfunkstelle informieren. Das gilt im Übrigen auch, wenn Bft 10 an Bord beobachtet wird und keine Warnung für das Seegebiet vorliegt.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Meldung sollte folgende Inhalte haben:

1. Position des Sturms soweit bekannt mit der Uhrzeit der Begegnung,
2. Position, Kurs und Geschwindigkeit zur Zeit der Beobachtung,
3. Luftdruck bezogen auf Meeresniveau,
4. Änderung des Luftdrucks in den letzten drei Stunden,
5. Wahre Windrichtung und Windstärke,
6. Zustand der See, Höhe und Richtung des Seegangs, Periode und Wellenlänge.

Diese Angaben sollten mindestens alle drei Stunden übermittelt werden, so lange das Schiff sich im Einflussbereich des Wirbelsturms befindet [8.7.1, 8.7.2].

8.7.3 Jahreszeitliches Auftreten und Zugbahnen

Aufgrund der vorher beschriebenen Bedingungen gibt es bestimmte Entstehungsgebiete und Jahreszeiten, in denen gehäuft mit tropischen Wirbelstürmen gerechnet werden muss. So stellen die tropischen Weltmeere an der Äquatorseite des subtropischen Hochdruckgürtels ein ideales Entstehungsgebiet dar, jeweils im Sommer oder Herbst der betreffenden Halbkugel.

Weltweit treten im Mittel jährlich etwa 82 tropische Stürme und Orkane auf, wobei etwa 47 % Orkanstärke erreichen. Über dem Südatlantik und dem östlichen Südpazifik ist die Intertropische Konvergenzzone (ITC) in die nördliche Hemisphäre hinein verschoben. Dies dürfte der Grund dafür sein, dass sich in diesen Seegebieten keine Wirbelstürme entwickeln.

Das Vorkommen tropischer Stürme und Wirbelstürme – verteilt auf die verschiedenen Seegebiete und Monate – ist in der Abb. 8.7.3 dargestellt. Die Entstehungsgebiete liegen überwiegend im Bereich geringer Luftdruckgegensätze innerhalb der ITC.

Die meisten tropischen Zyklone entwickeln sich über dem westlichen Nordpazifik. In diesem Seegebiet ist kein Monat frei von tropischen Zyklonen, während auf dem Nordatlantik in den Monaten Januar bis April keine tropischen Stürme auftreten. Die aktivste „Hurrikan-Zeit“ fällt für den Bereich des Nordatlantiks auf Anfang bis Mitte September. Hier dauert die offizielle Hurrikan-Saison vom 1. Juni bis 30. November.

Abb. 8.7.3: Mittlere Häufigkeit für das Auftreten tropischer Zyklone **Quelle: [8.1.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Anzahl der tropischen Stürme und Orkane in den einzelnen Seegebieten ist von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich. Auf dem Nordatlantik werden beispielsweise jährlich durchschnittlich 9,4 tropische Stürme und Hurrikans gezählt.

Die typischen Zugbahnen der tropischen Zyklone sind in Abb. 8.7.4 dargestellt. Sie entstehen auf der Äquatorseite der subtropischen Hochdruckgebiete und ziehen mit der Hauptströmung westwärts, typischerweise werden Verlagerungsgeschwindigkeiten um 10 kn erreicht. Gelangen sie an die Westflanke dieser Hochs, scheren sie polwärts aus. Da an diesen Umbiegestellen die Hauptströmung relativ schwach ist, verringert sich die Verlagerungsgeschwindigkeit. Hier spricht man auch vom Trödelstadium. Ziehen die tropischen Zyklone weiter und dann allmählich in die Westwinddrift hinein, nehmen sie Fahrt auf und wandeln sich in „gewöhnliche“Sturmtiefs – also in außertropische Zyklone – um, die mit den für junge Zyklone-typischen Verlagerungsgeschwindigkeiten nordost- bis ostwärts weiterziehen. Sie verlieren zwar ihre typischen Merkmale wie hohe Windgeschwindigkeiten und das Auge, andere Eigenschaften bleiben jedoch erhalten. Nicht jeder Wirbelsturm dreht an den Umbiegestellen nach Norden bzw. nach Süden ein. Alternativ dazu kann auch die Zugrichtung beibehalten werden und der tropische Wirbelsturm zieht auf dem Nordatlantik weiter in Richtung West bis Nordwest.

Abb. 8.7.4: Typische Zugbahn und mittlere Verlagerungsgeschwindigkeit in Knoten Quelle: [8.1.1]

8.7.4 Warnungen vor Wirbelstürmen

Für die Navigation in Gebieten mit häufigen tropischen Zyklonen sind die Hurrikanwarnungen vor diesen Stürmen und Orkanen die wichtigste Informationsquelle. Aufgrund der modernen Beobachtungsmethoden, insbesondere durch die Wettersatelliten, wird heute jeder tropische Sturm und jeder Wirbelsturm erkannt. Die Warnungen sind in den unterschiedlichen Gebieten recht ähnlich aufgebaut. Die Hurrikanvorhersagen basieren auf globalen Vorhersage- und speziellen Hurrikanmodellen. Der Vorhersagezeitraum umfasst bislang maximal fünf Tage. Trotz der Vorhersagen ist äußerste Vorsicht geboten.

Die Bezeichnung tropischer Windsysteme ist je nach Seegebiet verschieden. Zwar gibt es internationale Empfehlungen zur Standardisierung, doch werden in den Warnungen die national gebräuchlichen Bezeichnungen verwendet, damit diese für die Schifffahrt und die Bevölkerung der betroffenen Nation gleich lautend und verständlich sind. Die tropischen Wirbelstürme erhalten weibliche und männliche Vornamen in alphabetischer Reihenfolge. Dies dient einer einfachen und eindeutigen Beschreibung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die folgende Tabelle enthält die Standardbezeichnungen nach den Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) sowie die unterschiedlichen Begriffe für jedes größere Seegebiet und die nationalen Bezeichnungen (in englischer Sprache):

Windgeschwindigkeit		**WMO-Standard**	
Bft	**kn**	**englisch**	**deutsch**
bis 7	bis 33	*Tropical depression*	Tropisches Tief
8–9	34–47	*Moderate tropical storm*	(Mäßiger) tropischer Sturm
10–11	48–63	*Severe tropical storm*	(Schwerer) tropischer Sturm
12	64 u. mehr	*Hurricane (or local synonym)*	Hurrikan (oder Synonym)
Windgeschwindigkeit		**Seegebiet**	
Bft	**kn**	**Nordatlantik/Öst. Nordpazifik**	**Westl. Nordpazifik**
bis 7	bis 33	*Tropical depression*	*Tropical depression*
8–9	34–47	*Tropical storm*	*Tropical storm*
10–11	48–63	*Tropical storm*	*Severe tropical storm (China tropical storm)*
12	> 64	*Hurricane*	*Typhoon* (Taifun)
Windgeschwindigkeit		**Seegebiet**	
Bft	**kn**	**bei Australien**	**Ind. Ozean**
bis 7	bis 33	*Tropical low*	*Tropical depression* (15–33 kn)
8–9	34–47	*Tropical cyclone*	*Moderate tropical depression/storm*
10–11	48–63	*Tropical cyclone*	*Severe tropical depression/storm*
12	> 64	*Severe tropical*	*Tropical Cyclone* *Cyclone* (64–90 kn) *Intense tropical cyclone* (90–115 kn) *Very intense tropical cyclone* (über 115 kn)
Windgeschwindigkeit		**Seegebiet**	
Bft	**kn**	**Nördlicher Indischer Ozean Indien/Bangladesh**	**Sri Lanka**
6	22–27	*Depression*	*Depression*
7	28–33	*Deep depression*	*Depression*
8–9	34–47	*Cyclonic storm*	*Cyclonic storm*
10–11	48–63	*Severe cyclonic storm*	*Cyclonic storm*
12	64 u. mehr	*Severe cyclonic storm of hurricane intensity*	*Severe cyclone*

Tabelle 8.7.1: Standardbezeichnungen nach Empfehlung der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) für Wirbelstürme

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Über die Grenzen der USA hinaus ist eine dort gebräuchliche Intensitätsskala bekannt, auch *Saffir-Simpson-Scale* genannt, welche die Hurrikan-Stärke nach Windgeschwindigkeit oder Höhe der Sturmflut (und deren Auswirkungen) beschreibt:

Stärke	Wind (kn)	Sturmflut (m)
TD	< 34	–
TS	34 – 63	–
1	64 – 82	ca. 1,5
2	83 – 95	2,0 – 2,5
3	96 – 113	2,6 – 3,7
4	114 – 135	3,8 – 5,5
5	> 135	> 5,5

Tabelle 8.7.2: Hurrrikan-Stärke nach der Saffir-Simpson-Scale

Die vom NHC herausgegebenen Warnungen für die Schifffahrt werden als *marine advisories* bezeichnet und haben folgenden standardisierten Inhalt:

1. WMO-*Header*
   WMO-Dokument-Kennziffer
   Dokument-Kennziffer des Nationalen Wetterdienstes
   Typ und Name der tropischen Zyklone
   Warnungsnummer und Ausgabestelle
   Uhrzeit und Tag der Warnung, spezielle Kennung der tropischen Zyklone
2. Warnungen, die in Kraft sind
3. Position des Zentrums der tropischen Zyklone in Grad. Zehntelgrad mit Uhrzeit (UTC) und genauer Position (Nm)
4. Gegenwärtige Zugrichtung (16-teilige Windrose, rechtweisend) und Geschwindigkeit (kn)
5. Geschätztes Minimum des Kerndruckes (hPa/mb)
6. Geschätzter Durchmesser des Kernes (Auge) (Nm)
7. Maximale Windverhältnisse, Wind-Radien und Radien der Bereiche mit Wellenhöhen ≥ 12 ft
   Maximale geschätzte Windgeschwindigkeit und Böen
   Radien mit 64-, 50- und 34-kn-Winden, aufgeschlüsselt nach Quadranten, bezogen auf die Position des Zentrums
   Radius des Gebietes mit Seegang ≥ 12 ft (3,7 m), aufgeschlüsselt nach Quadranten
   Erläuternde Hinweise
8. Wiederholung von Lage des Zentrums mit Zeit und Angabe von Position/Zeit der vorhergehenden *advisory*
9. Vorhersagen T+12, T+24, T+36, T+48, T+72, T+96 und T+120 Stunden für Position, Max-Wind, Böen sowie Radien der Bereiche mit ≥ 64, 50 und 34 kn, aufgeschlüsselt nach Quadranten
10. Bitte um Schiffswettermeldungen von allen Schiffen in einem genannten Abstand (Nm) vom Zentrum der tropischen Zyklone
11. Nächstes *Advisory*, Angabe der planmäßigen Ausgabe des folgenden Bulletins (normalerweise sechs Stunden nach dem Termin des aktuellen Bulletins)

8.7.5 Ausweichmanöver vor tropischen Wirbelstürmen

Die asymmetrische Windverteilung mit dem „gefährlichen“ und dem „fahrbaren“ Viertel ist für navigatorische Entscheidungen bei Ausweichmanövern von Bedeutung (Abb. 8.7.2).

Grundsätzlich sollten Seegebiete mit tropischen Wirbelstürmen natürlich gemieden werden. Sollen sie dennoch befahren werden, ist es ratsam, sich darauf einzustellen, d. h. ständig die Warnungen (NAVTEX, EGC, NHC, nationale Wetterdienste etc.) zu verfolgen und aufmerksam die meteorologischen Bedingungen (Luftdruck, Seegang) zu beobachten.

Mit den heutigen Mitteln, wie Wettersatelliten und Wetterradar, wird praktisch jeder Wirbelsturm analysiert. Die Navigation im Gefahrenbereich tropischer Zyklone wird durch deren oft unsichere Bahnen und Verlagerungsgeschwindigkeiten erschwert. Dies gilt insbesondere in Gebieten mit geringer Zuggeschwindigkeit, in denen die Zyklone polwärts eindrehen. Man

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

sollte das Zentrum eines tropischen Wirbelsturms auf jeden Fall mindestens in einem Abstand von 80 sm passieren, besser ist eine Distanz von 250 sm. Eine für die Praxis gängige mittlere Ungenauigkeit für Positionsvorhersagen von tropischen Zyklonen beträgt nach Statistiken des US-Wetterdienstes:

- 75 sm nach 24 Stunden
- 140 sm nach 48 Stunden
- 210 sm nach 72 Stunden
- 252 sm nach 96 Stunden
- 326 sm nach 120 Stunden

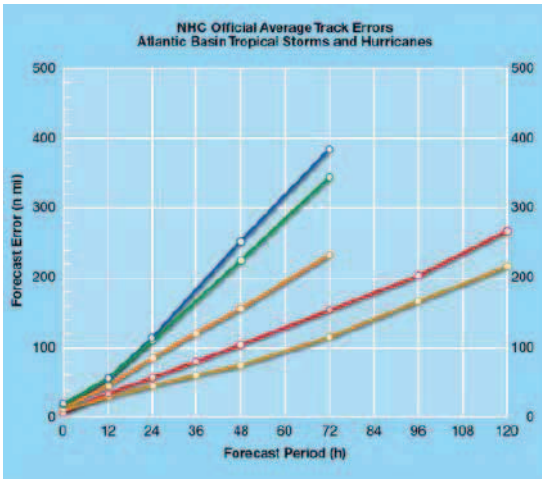


Abb. 8.7.5: Entwicklung der Vorhersagegenauigkeit von Wirbelstürmen, blau = 1970–1979, schwarz = 2010–2014 (modifiziert) **Quelle: NOAA**

Ohne Hilfe eines grafischen Verfahrens oder entsprechende Software sollte ein Ausweichmanöver nicht durchgeführt werden. In einigen Publikationen finden sich auch noch folgende Hinweise, die aber nur im Notfall angewendet werden sollten. An Bord kann auf der Nordhalbkugel wie folgt ausgewichen werden:

1. Ist der Wind rechtdrehend, befindet sich das Schiff im gefährlichen Viertel. Nun sollte man mit größtmöglicher Geschwindigkeit mit einem Windeinfall von 10° bis 45° von Steuerbord zügig das Seegebiet verlassen. Wenn der Wind dann weiter rechtdreht, kann der Kurs nach Steuerbord parallel zur Zugbahn mit entgegengesetztem Kurs geändert werden.
2. Bleibt der Wind in der Richtung konstant, befindet sich das Schiff auf einem Kurs entgegen der Zugbahn des Wirbelsturms. Man sollte mit größtmöglicher Geschwindigkeit nach Steuerbord ausweichen, um in das fahrbare Viertel zu kommen und dann wie unter 3. fortfahren.
3. Dreht der Wind rück, ist das Schiff im fahrbaren Viertel. Man sollte mit vorlichem Windeinfall von Steuerbord und größtmöglicher Geschwindigkeit Abstand zur Zugbahn gewinnen. Der Kurs kann mit zunehmendem Rückdrehen wieder nach Backbord und in einen Kurs entgegen der Zugbahn des Wirbelsturms geändert werden.

Das in der Abb. 8.7.6 dargestellte grafische Verfahren für die Nordhalbkugel dient dazu, den unmittelbaren Bereich schweren Sturms zu meiden. In dem dargestellten Beispiel für einen Wirbelsturm wird angenommen, dass das Schiff bei Windgeschwindigkeiten von 34 kn keinen Schaden nimmt. Aus einem Hurrikan Bulletin lassen sich Position sowie die Radien der Windgeschwindigkeit 34 kn für die vorhergesagten Positionen nach

Abb. 8.7.6: Grafische Lösung zum Ausweichen **Quelle: [8.1.1]**

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

T+24h, T+48h und T+72h entnehmen. Diese werden mit den mittleren Ungenauigkeiten für Positionsvorhersagen von tropischen Zyklonen des US-Wetterdienstes eingetragen. Soll das Risiko minimiert werden, können die Radien der Ungenauigkeit erhöht werden.

Diese grafische Lösung dient zur Abschätzung der Gefahrensituation. Bereits nach T+72h ist der Bereich für Winde geringer als 34 kn deutlich angewachsen. An Bord werden oft Routingprogramme eingesetzt. Diese vereinfachen die Tätigkeit an Bord.

Da die Vorhersagefehler sehr schnell anwachsen, sollten nach Empfang jeder neuen Warnung mögliche Ausweichkurse korrigiert werden.

8.8 Meteorologische Reiseplanung

Die meteorologische Reiseplanung ist ein Teil des Gesamtkonzepts der nautischen Reiseplanung, Hinweise dazu findet man in *SOLAS* Kapitel V Regel 34 und in der *STCW*. Nach Kapitel V Regel 34 *SOLAS* hat sich die Schiffsführung vor Antritt der Reise über das zu erwartende Wetter zu informieren, dabei sollte auch eine eventuell wetterabhängige Schiffswegeführung ermittelt werden. Es muss die Route herausgearbeitet werden, über die das Schiff das Ziel

- sicher,
- schnell (kürzeste Reisezeit) oder
- wirtschaftlich (Brennstoffverbrauch optimiert)

erreichen kann. Dabei sollen natürlich auch die Ladung bzw. Passagiere geschont werden und das Schiff sollte nicht übermäßigen Belastungen ausgesetzt werden.

Für die meteorologische Reiseplanung sind die Klima-, Witterungs- und Wetternavigation zu berücksichtigen. Für die Reiseplanung können in der Klimanavigation beispielsweise die *Pilot Charts* (siehe Abb. 8.8.2) oder Monatskarten des BSH als Grundlage benutzt werden. Sie zeigen die mittleren Verhältnisse u. a. für Wind, Seegang, Nebel, Luftdruck, Meeresströmungen und Wirbelsturmhäufigkeit.

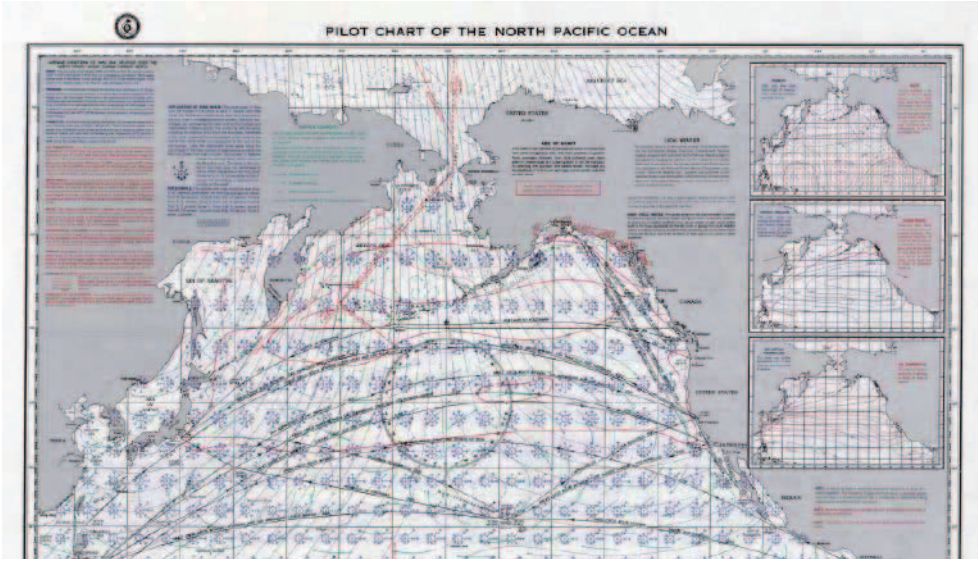


Abb. 8.8.1: Auszug aus den *Pilot Charts* für den Nordpazifik

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Aufgrund dieser Datenbasis kann für die geplante Reise in Abhängigkeit vom Schiff/Schiffstyp die optimale Klimaroute gefunden werden. Typische Klimarouten sind auch in verschiedenen gängigen Handbüchern wie etwa den *Ocean Passages* enthalten [8.8.1, 8.8.2].

Unter der Witterungsnavigation versteht man heute Wetter-Routing mit Unterstützung durch entsprechende Software. Dabei werden Wetter- und Seegangsvorhersagen für einen Zeitraum von etwa 10 Tagen in die Planung einbezogen. Hierbei ist zu unterscheiden, ob das Streckenwetter (*enroute*) berechnet wird oder eine optimierte Route gewählt wird. Beim Streckenwetter kann ein Kurs durch Randbedingungen wie etwa Schifffahrtswege, Meereis oder auch Gefahren durch Piraterie vorgegeben sein. Entsprechend dem vorgegebenen Kurs werden mit Hilfe von Wetterkarten, Seegangsprognosekarten oder Routingprogrammen mit Hilfe von GRIB-Daten die voraussichtlichen Wind- und Seegangsbedingungen und weiteren Parametern wie etwa Meeresströmungen auf der Fahrt berechnet. Darüber hinaus kann eine optimierte Route erstellt werden. Die Berechnungen werden typischerweise an Bord und zusätzlich in der Beratungszentrale des Routingservice durchgeführt. Der Routingservice wird auf Anforderung der Schiffsführung oder meist auch selbstständig nicht nur bei komplizierteren Wetterentwicklungen mit dem Schiff in Kontakt treten. Dazu werden Angaben benötigt, welche Geschwindigkeit das Schiff oder der Schiffstyp bei vorgegebenen Wind- und Seegangsbedingungen erreichen kann. Mit den Ergebnissen kann die Route entsprechend angepasst oder beispielsweise auch das Auslaufen verzögert werden, um auf dem vorgegebenen *Track* die optimalen Wetter- und Seegangsbedingungen anzutreffen, damit das Schiff das Ziel sicher, schnell und/oder wirtschaftlich/brennstoffoptimiert erreichen kann. Das zeigt die Abb. 8.8.2. Hier sind verschiedene Ergebnisse der Optimierung dargestellt (1. Großkreis, minimale Reisezeit; 2. Loxodrom via *Cape Race* bei minimalem Brennstoffverbrauch, sig. Seegangshöhe nicht über 6 m bei vorgegebener Ankunftszeit; 3. wie in 2, aber Vermeidung der ECA).

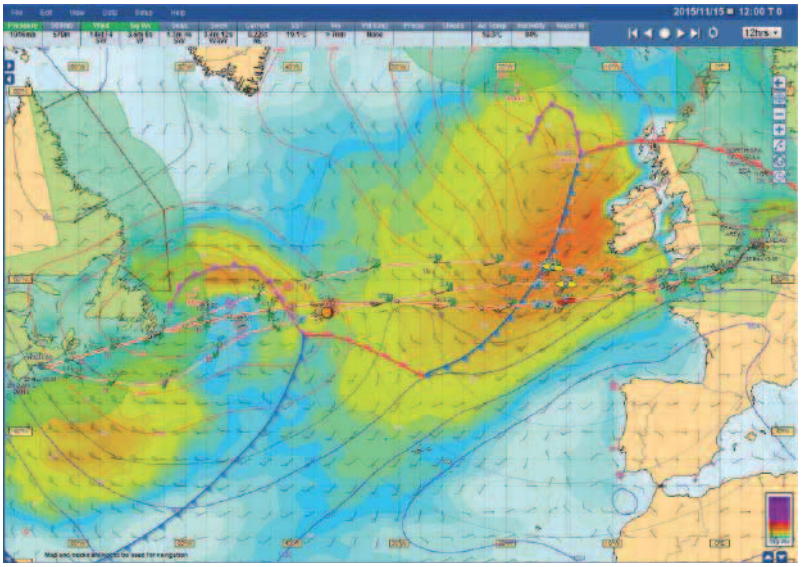


Abb. 8.8.2: Berechnung von optimalen Routen mit dem Routingprogramm *Bon Voyage System* (*BVS*)

Trotz der heute doch sehr guten Wettervorhersage kann es zu Abweichungen in der Zugbahn oder Intensität von Druckgebilden kommen. Auch Strukturen wie etwa die Entwicklung von Wirbelstürmen können nur wenige Tage vorher vorhergesagt werden. Plötzliche unvorhergesehene Änderungen in den Wetter- und Seegangsverhältnissen müssen daher in der Wetternavigation be-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

rücksichtigt werden. Dazu zählt z. B. das plötzliche Auftreten von Kreuzseen oder die Entwicklung/Beobachtung von Extremwellen, die ein sofortiges Handeln der Schiffsführung erfordern. Aber auch eine plötzliche oder dauerhafte Sichtverschlechterung kann zur Reduzierung der Schiffsgeschwindigkeit beitragen und die meteorologische Reiseplanung muss korrigiert werden.

8.9 Wetter-Routing und wirtschaftliches Fahren

Wetter-Routing ist, wie in Kap. 8.8 bereits angedeutet, nach *SOLAS* Kapitel V Regel 34 ein Teil der nautischen Reiseplanung. Wie bereits in Kap. 8.5.6 vorgestellt, bieten private und einige nationale Wetterdienste einen Routingservice an. Mit dem Wetter-Routing wird heute rechnergestützt die optimale Route für ein Schiff berechnet, um vor allem den Brennstoffverbrauch zu minimieren. Der Routingservice benutzt dafür spezielle Routingsoftware z. B. *AWT's Bon Voyage System (BVS)*, die dem Nutzer auch an Bord zur Verfügung gestellt wird.

Der Routingservice bzw. das Programm an Bord benötigt folgende Angaben:

- Schiffsname und Rufzeichen,
- Schiffsgeschwindigkeit im Stillwasser oder *Charter Performance* oder Reisedurchschnitt,
- Tiefgang, GM und Rollzeit,
- Schiffstyp, Länge, Breite,
- Verdrängung, Leistung der Hauptmaschine,
- Art der Ladung, besondere Ladung (Schwergut, Deckslast),
- Seeverhalten und Stabilität,
- Abfahrtshafen,
- Zwischenhäfen, Bunkerhäfen,
- Zielhafen mit ETA,
- Abfahrtsdatum und Abfahrtszeit ETD (zu berichtigen, wenn Verzögerung um mehr als vier Stunden),
- Kommunikationsmöglichkeiten,
- Mitteilung, ob Wettermeldungen nach WMO-Standard verschlüsselt werden.

Mit diesen Daten wird die optimale Route zwischen dem Abgangs- und dem Zielhafen berechnet, mit Hilfe der Vorhersage- und Klimadaten (Wind, Seegang, Meeres- und Gezeitenströme), bezogen auf das Schiff/den Schiffstyp und dessen Beladung, Trimm, Stabilität und eventuellen Grenzwerten für signifikante Wellenhöhe und Windgeschwindigkeit.

Diese Berechnungen können aufgrund verbesserter Kommunikationsmöglichkeiten (Übertragung der GRIB-Daten per E-Mail) von der Schiffsführung an Bord oder dem Routingservice durchgeführt werden. Viele Beratungsdienste bieten einen kombinierten Service mit bordeigener Auswertung und Unterstützung durch den Routingexperten an. Der Vorteil der Kombination aus bordeigener Auswertung mit dem Experten an Land liegt auf der Hand: Die Schiffsführung kann mit dem an Bord vorhandenen Routingprogramm und aktuellen Wetterdaten mehrmals täglich die Berechnung der optimalen Route aktualisieren und bei Abweichungen sofort handeln (z. B. kritisches Rollen). Zusätzlich kann der Routingservice von Land aus wertvolle Hinweise geben, wenn die Modellrechnungen fehlerhaft sind (z. B. Zugbahnen und Intensität von Tiefdruckgebieten betreffend) oder bei Wirbelsturmaktivität. Der Routingservice an Land verfügt aufgrund des besseren Datenzugangs und der technischen Infrastruktur (z. B. Satellitenbilder, Hurrikan Bulletins) immer über die aktuellsten Informationen. Auch eine Auswertung nach der Reise hinsichtlich der Chartergeschwindigkeit (Performanceanalyse) kann erfolgen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass von Bord aus Wetterbeobachtungen regelmäßig an den Routingservice und auch in das GTS (siehe Kap. 8.5.1) übermittelt werden. Nur so

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

kann der Routingexperte an Land die Schiffsführung optimal beraten. Die Schiffsführung erhält dafür eine Routenberatung, die nach Absprache eine Beschreibung der Wetterentwicklung und Hinweise zur Optimierung der Route mit Wegpunkten enthält. Bei Bedarf werden auch alternative Routen beschrieben. Daraus ergibt sich für die gesamte Reisedauer ein interaktiver Prozess aus Schiffsführung und Routingservice.

Was auch immer das an Bord berechnete Routing oder die Hinweise des Routingexperten an Land vorschlagen, die letzte Entscheidung liegt immer beim Kapitän. Er muss die Empfehlungen und Berechnungen auf Plausibilität prüfen und mit seiner Erfahrung bewerten. Viele Reedereien nutzen im Büro an Land neben den Routingprogrammen weitere Software zur Kontrolle, ob die Schiffe die wirtschaftlichen Ziele der Reederei einhalten. Wenn auch die „Trefferquote" in der Wettervorhersage für den Wind und Seegang in der 48-stündigen Vorhersage über 90 % beträgt, nimmt sie doch mit zunehmender Vorhersagedauer ab. Obwohl die „Trefferquoten" in mittelfristigen Wettervorhersagen in den letzten Jahren deutlich angestiegen sind, muss die Schiffsführung ständig die aktuelle Wetterentwicklung beobachten und auf etwaige Änderungen richtig reagieren.

Optimiert werden Routen mit Hilfe entsprechender Software für

– eine minimale Reisezeit (früheste Ankunft),
– minimierten Brennstoffverbrauch bei vorgegebener Ankunftszeit.

Dazu können weitere Kriterien wie Vermeidung einer signifikanten Seegangshöhe (meist kleiner 6 m) oder die Fahrt innerhalb oder außerhalb der ECA bei der Optimierung berücksichtigt werden. Die Optimierung für die Fahrt innerhalb oder außerhalb der ECA oder auch der Eintritts- oder Austrittspunkt in/aus der ECA ergibt Einsparungen beim Brennstoffpreis in Abhängigkeit vom an Bord verfügbaren und verwendeten Brennstoff.

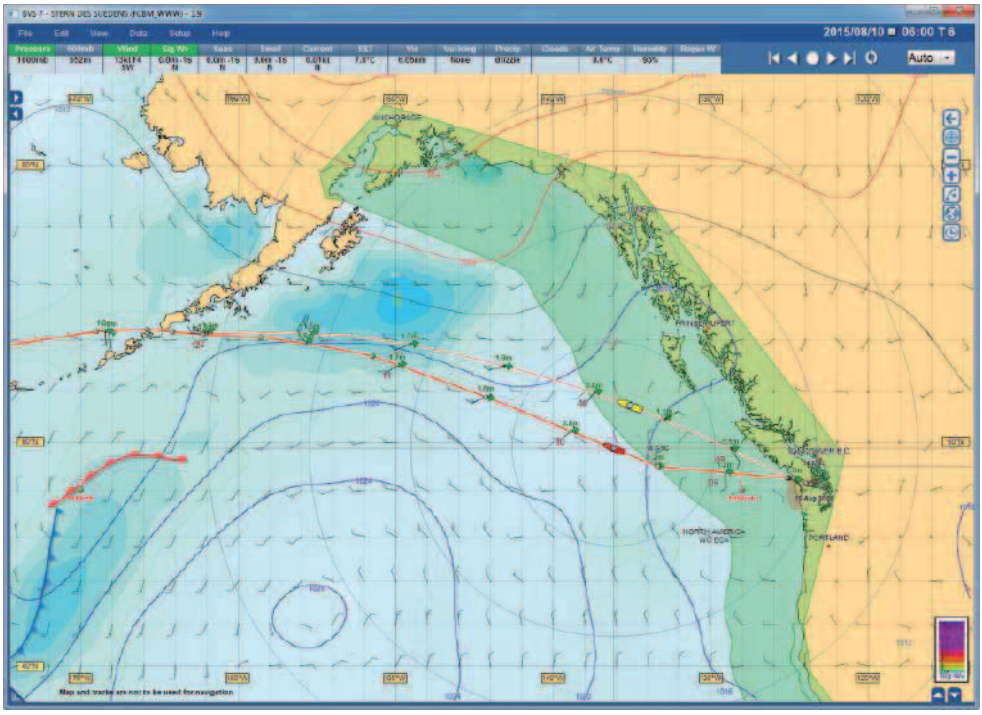


Abb. 8.9.1: Berechnung der optimalen Route mit *dem AWT BonVoyage System (BVS),* hier: Optimierung für vorgegebene Ankunftszeit hinsichtlich Eintritts- bzw. Austrittsposition für ECA und Nicht-ECA

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Berechnung (Abb. 8.9.1) erfolgt per Computer mit den voreingestellten Schiffsparametern (Polardiagramm/Widerstand) bei verschiedenen Seegang- und Windbedingungen, und Randbedingungen (Vermeidung von kritischem Seegang, Rollverhalten etc.) und unter Verwendung spezifischer Suchalgorithmen.

Optimiert man die Route hinsichtlich Treibstoffverbrauch, werden in der Regel Gebiete (Starkwind, Seegang) gemieden, in denen die Drehzahl der Maschine maximiert werden muss, um die Geschwindigkeit zu halten. Im Hinblick auf gestiegene Brennstoffkosten und deren weitere Entwicklung wird das wirtschaftliche Fahren (Optimierung des Brennstoffeinsatzes) immer wichtiger. Analysen zeigen, dass bei einer zehntägigen Reise über den Atlantik durch die Optimierung hinsichtlich Brennstoffverbrauch um bis zu 20 % Brennstoff eingespart werden kann.

Weitere Ansätze zur Einsparung erhofft man sich für einige Schiffstypen durch den Einsatz von Hybridantrieben (Segel, Flettner-Rotoren etc.), die in Abhängigkeit von der Route den Treibstoffverbrauch eines Schiffes bis zu 10 und 35 % senken können. Wetter-Routing und Hybridantriebe sind Inhalt des SEEMP (*Ship Energy Efficient Management Plan*), der seit 2013 durch die IMO vorgegeben ist und die Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit der Schiffahrt im Fokus hat.

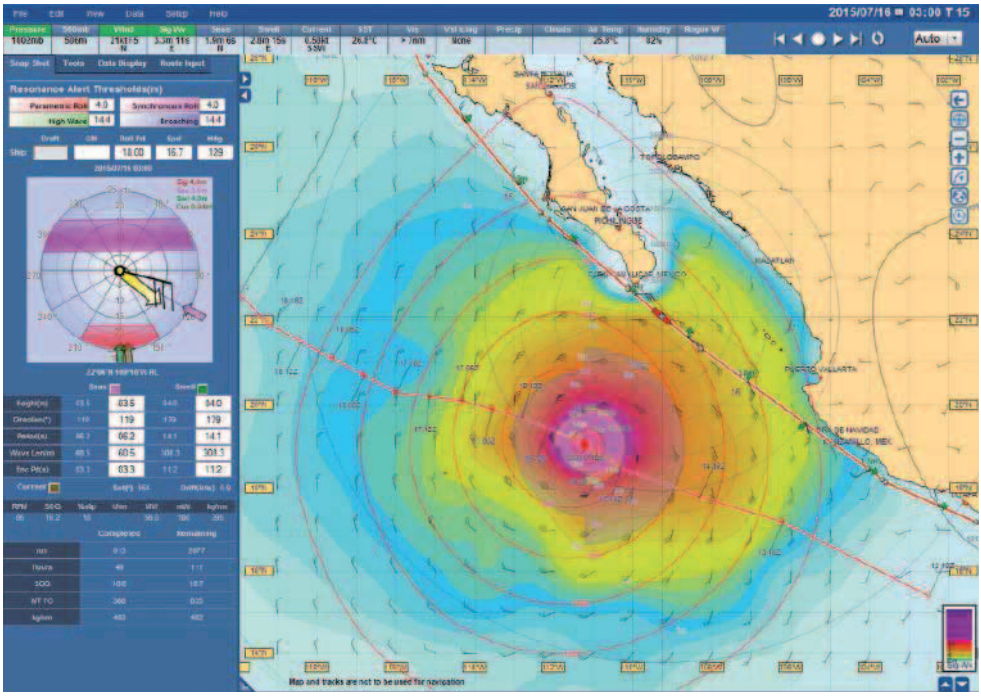


Abb. 8.9.2: Route um einen tropischen Sturm mit Hinweisen auf Gefahren wie synchrones-, parametrisches Rollen und besonders hohen Wellen

Die angebotenen Optimierungsprogramme können mit den voreingestellten Schiffsparametern und Angaben, Vorhersagen der Wellenlänge und Periode des Seegangs und deren Teilkomponenten auch Gebiete (Abb. 8.9.2) anzeigen, in denen synchrones oder parametrisches Rollen auftreten kann. Dadurch werden der Schiffsführung wertvolle Hinweise gegeben, die in die nautische Reiseplanung einfließen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

9 Seeverkehrsrecht

Hanno Weber

Seeverkehrsrecht ist öffentliches Recht, das heißt, es kann durch Absprache zwischen Verkehrsteilnehmern nicht geändert werden. Verstöße gegen Verkehrsvorschriften sind regelmäßig Ordnungswidrigkeiten oder Straftaten. Teile des deutschen Straf- und Ordnungswidrigkeitenrechts greifen auch außerhalb des Geltungsbereichs des Grundgesetzes; Verstöße können dann gleichzeitig mehreren Rechtsordnungen unterliegen, z. B. dem Recht des Handlungsortes, dem Recht der Flagge und dem Recht des Staates, dem der Täter angehört. – Von zentraler Bedeutung sind die KVR (Kollisionsverhütungsregeln/Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See); für Staaten, welche die entsprechende Konvention von 1972 nicht ratifiziert haben, gelten die KVR gewohnheitsrechtlich.

Örtliche Vorschriften, wie z. B. die SeeSchStrO (Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung), und Hafengesetze gehen als speziellere Regeln zwar vor, sie müssen mit den Regeln der KVR aber so weit wie möglich übereinstimmen (Regel 1(b) KVR). Im Grenzbereich nationaler und internationaler Normen ist das Verkehrsrecht des zu erwartenden Kollisionsortes maßgeblich, denn kein Rechtsregime wirkt jenseits seines Geltungsbereichs. Kollisionen auf der Grenze zweier Rechtsregime sind nach den Generalklauseln zu beurteilen, die in allen Regelungen enthalten sind (etwa Regel 2(a) KVR und § 3(1) SeeSchStrO).

Auch im Seeverkehrsrecht gilt der „Vertrauensgrundsatz“: Wer sich regelgerecht verhält, darf grundsätzlich darauf vertrauen, dass auch andere Verkehrsteilnehmer sich weiterhin korrekt verhalten werden; in schwierigen Verkehrslagen muss man allerdings auch mit überraschenden Manövern anderer Verkehrsteilnehmer rechnen. Weiterführende Literatur [9.1] bis [9.8].

9.1 Verordnung zu den KVR

Die VOKVR (Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See) bestimmt die Anwendung der KVR als deutsches Recht.

Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See

§ 2 Geltungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt

1. auf den Seeschifffahrtsstraßen und in den an ihnen gelegenen bundeseigenen Häfen sowie im übrigen deutschen Küstenmeer,

2. für Schiffe, die berechtigt sind, die Bundesflagge zu führen, seewärts der Begrenzung des Küstenmeeres der Bundesrepublik Deutschland, soweit nicht in Hoheitsgewässern anderer Staaten abweichende Regelungen gelten.

(2) ... (3) ....

§ 3 Grundregeln für das Verhalten im Verkehr

(1) Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, dass die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs gewährleistet ist und dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird. Er hat insbesondere die Vorsichtsmaßnahmen zu beachten, die Seemannsbrauch oder besondere Umstände des Falles erfordern.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(2) Zur Abwehr einer unmittelbar drohenden Gefahr müssen unter Berücksichtigung der besonderen Umstände auch dann alle erforderlichen Maßnahmen ergriffen werden, wenn diese ein Abweichen von den Vorschriften dieser Verordnung notwendig machen.

(3) Wer infolge körperlicher oder geistiger Mängel oder des Genusses alkoholischer Getränke oder anderer berauschender Mittel in der sicheren Führung eines Fahrzeuges oder in der sicheren Ausübung einer anderen Tätigkeit des Brücken-, Decks- oder Maschinendienstes behindert ist, darf ein Fahrzeug nicht führen oder als Mitglied der Schiffsbesatzung eine andere Tätigkeit des Brücken-, Decks- oder Maschinendienstes nicht ausüben.

(4) Wer 0,25 mg/l oder mehr Alkohol in der Atemluft oder 0,5 Promille oder mehr Alkohol im Blut oder eine Alkoholmenge im Körper hat, die zu einer solchen Atem- oder Blutalkoholkonzentration führt, darf ein Fahrzeug nicht führen oder als Mitglied einer Schiffsbesatzung eine andere Tätigkeit des Brücken-, Decks- oder Maschinendienstes nicht ausüben.

(5) Der Schiffsführer eines Fahrgastschiffes oder eines Fahrtbeschränkungen und Fahrverboten nach § 30 Abs. 1 der Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung unterliegenden Fahrzeuges darf in der Dienstzeit während der Fahrt alkoholische Getränke nicht zu sich nehmen oder bei Dienstantritt nicht unter der Wirkung solcher Getränke stehen. In Ruhezeiten und sonstigen Erholungszeiten an Bord darf der Schiffsführer alkoholische Getränke zu sich nehmen, wenn sichergestellt ist, dass er bei der Übernahme sicherheitsrelevanter Aufgaben nicht mehr unter der Wirkung solcher Getränke steht. Satz 1 gilt für die im Brückendienst eingesetzten Mitglieder der Schiffsbesatzung entsprechend.

§ 4 Verantwortlichkeit

(1) Der Fahrzeugführer und jeder sonst für die Sicherheit Verantwortliche haben die Vorschriften dieser Verordnung über das Verhalten im Verkehr und über die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Einrichtungen für das Führen und Zeigen von Lichtern und Signalkörpern und das Geben von Schallsignalen zu befolgen. ...

(2) Verantwortlich ist auch der Seelotse; er hat den Fahrzeugführer oder dessen Vertreter so zu beraten, dass sie die Vorschriften dieser Verordnung befolgen können.

(3) ... (4) ... (5) ...

§ 6 Verkehrstrennungsgebiete

(1) Verkehrstrennungsgebiete sind Schifffahrtswege, die durch Trennlinien oder Trennzonen oder anderweitig in Einbahnwege geteilt sind, auf denen jeweils nur in Fahrtrichtung rechts der Trennlinie oder Trennzone gefahren werden darf.

(2) Regel 10 der Internationalen Regeln gilt für die Verkehrstrennungsgebiete, die von der Internationalen Seeschifffahrts-Organisation (IMO) angenommen und in den Nachrichten für Seefahrer .... bekanntgemacht worden sind.

§ 7 Sicherheitszonen

(1) Sicherheitszonen sind Wasserflächen, die sich in einem Abstand von 500 m, gemessen von jedem Punkt des äußeren Randes, um Anlagen oder sonstige Vorrichtungen zur wissenschaftlichen Meeresforschung oder Erforschung oder Ausbeutung von Naturschätzen erstrecken. Die nach § 7 der Seeanlagenverordnung von der zuständigen Genehmigungsbehörde eingerichteten Sicherheitszonen gelten als Sicherheitszonen im Sinne dieser Verordnung.

(2) Sicherheitszonen dürfen nicht befahren werden; dies gilt nicht für Fahrzeuge, die für die Versorgung der Anlagen oder Vorrichtungen eingesetzt sind sowie vorbehaltlich des Absatzes 3 für Fahrzeuge, deren Rumpflänge 24 Meter nicht übersteigt oder die vom Befahrensverbot befreit sind.

(3)...

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der örtliche Geltungsbereich der KVR wird in § 2(1) beschrieben. Die dort in Nr. 1 genannten **„Seeschifffahrtsstraßen“** sind in § 1 SeeSchStrO definiert (dazu siehe Kap. 9.8); sieht man von kleinen Modifikationen ab, dann enden sie an der ehemaligen 3-sm-Grenze. Das ebenfalls in Nr. 1 genannte „übrige“ deutsche Küstenmeer erstreckt sich seewärts dieser Seeschifffahrtsstraßen bis zur deutschen Hoheitsgrenze (12 sm jenseits der Basislinie). Im Bereich der Emsmündung gelten mit den Niederlanden abgestimmte Besonderheiten (Schifffahrtsordnung Emsmündung und eine entsprechende Einführungsverordnung).

§ 3 (1) und (2) entspricht in etwa der Regel 2 KVR (deren Kommentierung siehe Kap. 9.3). Das Verbot, andere zu „behindern“, darf nicht verwechselt werden mit den Behinderungsverboten der KVR. § 3 (3) bis (5) enthält strenge Regeln vor allem zum Genuss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln.

§ 4 macht deutlich, dass sich die Verkehrsvorschriften nicht nur an den Kapitän wenden; auch jeder sonst für die Sicherheit Verantwortliche ist Adressat der Normen. Für den Lotsen und seine Beratungspflicht wird das in Abs. (2) besonders hervorgehoben. § 7 definiert den in den KVR nicht enthaltenen Begriff **„Sicherheitszone“** und normiert ein grundsätzliches Verbot, diese Gebiete zu befahren. Geschützt werden Vorrichtungen, die der Forschung oder dem Meeresbergbau dienen; Abs. (1) S. 2 betrifft vor allem Anlagen zur Nutzung der Windenergie. § 7a regelt umfangreich eine umweltschutzrechtliche Pflicht, bestimmten Küstenstaaten **„Auskunft auf Ersuchen“** zu erteilen.

9.2 Einleitung zu den KVR

Die KVR enthalten 38 Regeln und vier Anlagen; die Regeln 1 bis 19 sind hier zum Teil abgedruckt und kommentiert. Die KVR 72 gelten seit dem 15.7.1977. Eine besonders wichtige Neuerung war die Einführung von Behinderungsverboten (in Regel 9, 10 und 18); zu ihnen erfolgte später eine Klarstellung in Regel 8 (f). Diese Klarstellung war notwendig geworden, da es in der Praxis Verständnisschwierigkeiten gab; eine Anleitung für die einheitliche Anwendung bestimmter Regeln der Regeln von 1972... hatte keine Klarheit geschaffen.

Der Text der KVR enthält sowohl Leerformeln als auch Allgemeine Rechtsbegriffe. Bei den Leerformeln handelt es sich meistens um Formulierungen wie „wenn es die Umstände zulassen“ oder „nach Möglichkeit ... vermeiden“. Diese Ausdrücke sind unsinnig, denn niemand ist rechtlich verpflichtet, etwas Unmögliches zu tun. Diese Leerformeln sind auch gefährlich, denn sie erwecken den Eindruck, man dürfe anders handeln, als ausdrücklich vorgesehen (zum geforderten Abweichen von Normen vgl. Regel 2(b)) .

Die **Auslegung** der allgemeinen Rechtsbegriffe (wie „Nahbereichslage“, „Gefahr“ und „sichere Geschwindigkeit“) sollte weltweit einheitlich erfolgen. Für völkerrechtliche Verträge (und ihre Anlagen wie die KVR) gilt das WVÜ (Wiener Übereinkommen über das Recht der Verträge) mit seinen Artikeln 31 und 32:

Art. 31 Allgemeine Auslegungsregel

(1) Ein Vertrag ist nach Treu und Glauben in Übereinstimmung mit der gewöhnlichen, seinen Bestimmungen in ihrem Zusammenhang zukommenden Bedeutung und im Lichte seines Zieles und Zwecks auszulegen.

Art. 31 (1) WVÜ macht deutlich, dass es bei der Auslegung der KVR in erster Linie auf die gewöhnliche Bedeutung der Begriffe ankommt. Ist ein Begriff damit nicht eindeutig bestimmbar, dann wird er durch den Zusammenhang (die Systematik der KVR) und den Zweck der Regel konkretisiert. Nur wenn der Sinn einer Norm nach Anwendung dieser Kriterien offen bleibt, können weitere Umstände zur Auslegung herangezogen werden (Art. 32 WVÜ). Solche

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Umstände, die sich etwa aus Konferenzprotokollen ergeben könnten, stehen dem Praktiker nicht zur Verfügung. Lücken in den KVR können durch Richterrecht geschlossen werden; dieses Richterrecht muss sich aber auch am WVÜ messen lassen.

Die KVR werden ergänzt durch den **STCW-Code** über den **Wachdienst** (Anlage 1 Kapitel VIII/2 zum Internationalen Übereinkommen vom 7. Juli 1978 über Normen für die Ausbildung, die Erteilung von Befähigungszeugnissen und den Wachdienst von Seeleuten). Der Code enthält 58 Nummern, die ihrerseits wieder stark untergliedert sind. Der Kapitän hat demnach zwar die allgemeine Verantwortung, während der Wache ist jedoch in erster Linie der Wachoffizier für die sichere Führung des Schiffes verantwortlich. Der STCW-Code selbst wird ergänzt durch umfangreiche Tätigkeitsrichtlinien für nautische Wachoffiziere auf See. Diese Richtlinien befassen sich unter anderem mit der Wachübergabe, der Überprüfung der Navigationsausrüstung, dem Einsatz der Selbststeueranlage, der Radaranlage, der Nebelfahrt, dem Fahren mit einem Lotsen an Bord und mit der Wache vor Anker. Die Nr. 24 enthält folgenden Hinweis: „Trotz der Regelung, den Kapitän unter den genannten Umständen sofort zu unterrichten, soll der Wachoffizier außerdem nicht zögern, zur Sicherheit des Schiffes sofortige Maßnahmen zu treffen, wenn es die Umstände erfordern."

Die folgende Übersicht zeigt die **Systematik der Ausweich- und Fahrregeln**. Dabei ist besonders zu beachten, dass bei verminderter Sicht nur die Behinderungsverbote der Regeln 9 und 10 gelten; für Fälle der Regel 18 kann sich ein Behinderungsverbot bei verminderter Sicht nur aus Regel 2(a) ergeben.

In jedem Fall gilt:

Es ist gehörig Ausguck zu halten (Regel 5). Es ist mit sicherer Geschwindigkeit zu fahren (Regel 6). Es ist zu überwachen, ob ein Kollisionsrisiko besteht (Regel 7). Manöver zur Vermeidung eines Zusammenstoßes sind regelgerecht durchzuführen (Regel 8). Es sind die allgemeinen Vorschriften über das Fahren im engen Fahrwasser zu beachten (Regel 9). Es sind die allgemeinen Vorschriften zum Fahren im Verkehrstrennungsgebiet und in dessen Nähe zu beachten (Regel 10). Die speziellen Behinderungsverbote der Regeln 9 und 10 sind zu befolgen. Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs sind zu gewährleisten (§ 3 Abs. 1 VOKVR). Wenn eine Lücke in den Normen der KVR besteht, ist sie entsprechend der allgemeinen seemännischen Praxis zu füllen; wenn eine solche Praxis nicht besteht, muss so gehandelt werden, wie es die besonderen Umstände des Falles erfordern (Regel 2(a)). Bei unmittelbarer Gefahr muss von den Regeln abgewichen werden, wenn es zur Abwendung einer Kollision erforderlich ist (Regel 2(b)). Sicherheitszonen dürfen nicht befahren werden (§ 7 Abs. 2 VOKVR).

Zusätzlich gilt:

Entweder Teil B Abschnitt II („in Sicht von einander"): Der Ausweichpflichtige muss ausweichen (Regeln 12 bis 15 und Regel 18(a) bis (c)) und das andere Fahrzeug muss Kurs und Geschwindigkeit beibehalten (Regel 17). Die Behinderungsverbote der Regel 18(d) bis (f) sind zu beachten.	**oder**	Teil B Abschnitt III („nicht in Sicht"): Fahrzeuge müssen die Vorschriften der Regel 19 für das Verhalten bei verminderter Sicht befolgen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

9.3 Allgemeine Regeln (Regel 1 bis 3 KVR)

Teil A

Allgemeines

Regel 1 Anwendung

(a) Diese Regeln gelten für alle Fahrzeuge auf Hoher See und auf den mit dieser zusammenhängenden, von Seeschiffen befahrbaren Gewässern.

(b) Diese Regeln berühren nicht die von einer zuständigen Behörde erlassenen Sondervorschriften für Reeden, Häfen, Flüsse, Seen oder Binnengewässer, die mit der Hohen See zusammenhängen und von Seeschiffen befahrbar sind. Solche Sondervorschriften müssen mit diesen Regeln soweit wie möglich übereinstimmen.

(c) ...

(d) Die Organisation kann für die Zwecke dieser Regeln Verkehrstrennungsgebiete festlegen.

(e) ...

Die KVR knüpfen an den Begriff „Fahrzeug“ an, wie er in Regel 3(a) definiert ist. Die „Hohe See“ ist das Gebiet jenseits des „Küstenmeeres“, und zwar einschließlich der „Ausschließlichen Wirtschaftszone“ und, wenn vom Küstenstaat beansprucht, einer „Anschlusszone“. Buchstabe (b) macht noch einmal deutlich, dass die KVR auch auf Revieren und in Häfen gelten, soweit sie nicht von speziellen örtlichen Vorschriften verdrängt sind. Die in Buchstabe (d) genannte „Organisation“ ist die IMO.

Regel 2 Verantwortlichkeit

(a) Diese Regeln befreien ein Fahrzeug, dessen Eigentümer, Kapitän oder Besatzung nicht von den Folgen, die durch unzureichende Einhaltung dieser Regeln oder unzureichende sonstige Vorsichtsmaßnahmen entstehen, welche allgemeine seemännische Praxis oder besondere Umstände des Falles erfordern.

(b) Bei der Auslegung und Befolgung dieser Regeln sind stets alle Gefahren der Schifffahrt und des Zusammenstoßes sowie alle besonderen Umstände einschließlich Behinderungen der betroffenen Fahrzeuge gebührend zu berücksichtigen, die zum Abwenden unmittelbarer Gefahr ein Abweichen von diesen Regeln erfordern.

In dieser Regel sind zwei völlig verschiedene Generalklauseln zu unterscheiden: Buchstabe (a) hilft, Lücken im Regelwerk zu schließen, Buchstabe (b) verpflichtet, von den grundsätzlich geltenden Regeln abzuweichen.

Hinsichtlich **Buchstabe (a)** ist zu betonen, dass er nur angewendet werden darf, wenn eine Situation nicht durch die speziellen Normen der KVR geregelt ist, wenn also eine Lücke besteht. Unsinnig und gefährlich sind Meinungen wie diese: „Common sense and good seamanship are often better than a written rule“. Besteht eine Lücke in den speziellen Regeln, so kann sich eine konkrete Handlungspflicht aus einer „allgemeinen seemännischen Praxis“ (verkürzt „gute Seemannschaft“) oder aus „den besonderen Umständen des Falles“ ergeben.

Die **allgemeine seemännische Praxis** ist wie Gewohnheitsrecht zu behandeln; sie setzt voraus, dass eine gesetzliche Regelung fehlt und dass sich eine Praxis herausgebildet hat, die von erfahrenen Seeleuten und anderen Fachleuten als richtig anerkannt ist. Gute Seemannschaft kann zum Beispiel verlangen:

Manöver des Kurshalters vor dem Zeitpunkt, der in Regel 17(b) genannt ist; Wahl des Ankerplatzes so, dass andere Fahrzeuge nicht gefährdet werden; Passieren von Ankerliegern hinter

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

deren Heck; Steuern von Hand; Anker auf dem Revier klar halten zum Fallen (evtl. aushieven), auch wenn es nicht ausdrücklich vorgeschrieben ist; beim Ausweichen den Bug auch in den Fällen der Regeln 13 und 18 nicht kreuzen; Ausweichen gegenüber Ankerliegern und Ruderbooten; Abgabe von Manöversignalen auch in bestimmten Fällen der verminderten Sicht; an empfohlenen Routen rechts fahren; Tiefwasserwege nicht ohne guten Grund benutzen; rechts halten, wenn unbekannt ist, ob man in einem „engen Fahrwasser" fährt; Manövrierfähigkeit nicht durch zu großen Squat einschränken; Warten bei Gegenstrom an Engstellen, um die sichere Passage mit einem Gegenkommer zu gewährleisten; korrekte und vollständige Eingabe von AIS-Daten; bei fehlender Radarortung, wohl aber vorhandenen AIS-Daten, den Nahbereich zu anderen Fahrzeugen analog Regel 19(d) vermeiden.

Eine Frage der guten Seemannschaft ist es auch, ob man ein „Kollisionsrisiko herbeiführen" darf. Das kann zum Beispiel bejaht werden, wenn MS"Y" in Abb. 9.3.1 seine Kursänderung in „großem Abstand" durchführt (Long Range Rule). Auf der Londoner Konferenz zu den KVR hat man darüber diskutiert, ob solch ein „großer" Abstand mit 8 sm festgelegt werden könne; wegen der Vielzahl denkbarer Situationen wurde jedoch keine bestimmte Distanz für das Eingreifen von Ausweichregeln/Kurshaltepflichten festgelegt. Ein in der Praxis häufiger Fall ist auch das Verhalten eines Fahrzeugs, das beim Verlassen des Ankerplatzes Fahrt so aufnimmt, dass es in eine stehende Peilung zu anderen Fahrzeugen läuft.

Besteht keine anerkannte Praxis zum Ausfüllen von Lücken in den speziellen Regeln, so muss getan werden, was die besonderen Umstände des Falles erfordern. Das kann auch eine absichtliche Strandung sein.

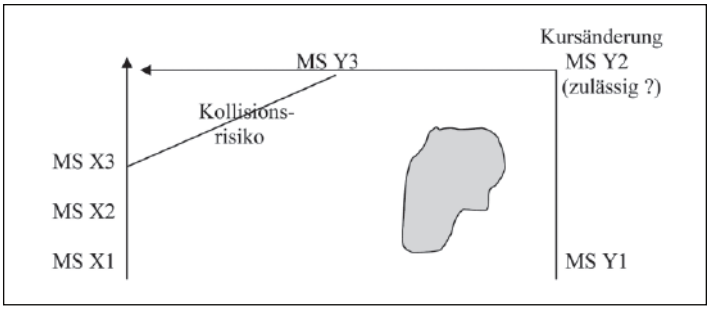


Abb. 9.3.1: Kursänderung in stehende Peilung

Buchstabe (b) verlangt ein Verhalten, welches grundsätzlich verboten ist. Die Norm muss, wie alle Ausnahmeregeln, eng ausgelegt werden. Das geforderte Abweichen von den speziellen Normen setzt dreierlei voraus:

1) eine grundsätzliche **Bindung** durch eine spezielle Regel oder durch eine anerkannte Praxis,
2) eine **unmittelbare Gefahr**, also eine Situation, bei der sich in allernächster Zukunft mit Sicherheit ein Unfall ereignen wird,
3) eine Maßnahme, die **erforderlich** und zum Abwenden der Gefahr **geeignet** ist.

Das klassische Beispiel für Buchstabe (b) ist eine Situation, bei der drei Maschinenfahrzeuge sternförmig auf einen Punkt zulaufen, jedes Ausweichpflichtiger und auch Kurshalter ist. In weniger gefährlichen Fällen (wie etwa in Abb. 9.3.2) wird man den Begriff „unmittelbare" Gefahr in der Praxis nicht eng auslegen, sondern schon Ausweichmanöver spätestens dann fahren, wenn nur eine schlichte „Kollisionsgefahr"/„danger of collision" besteht (zu den verschiedenen Gefahrbegriffen vgl. Kap. 9.4 zu Regel 7).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

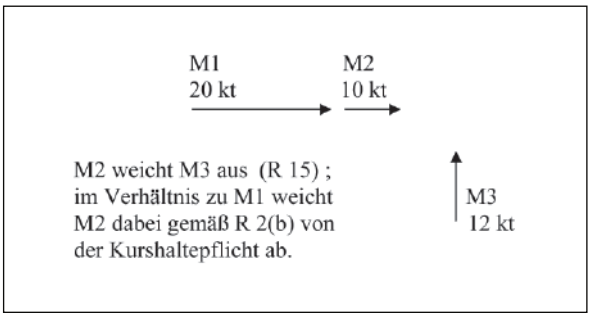


Abb. 9.3.2: Normenkonkurrenz (Kurs halten oder ausweichen)

Regel 3 Allgemeine Begriffsbestimmungen

Soweit sich aus dem Zusammenhang nicht etwas anderes ergibt, gilt für diese Regeln Folgendes:

(a) Der Ausdruck „Fahrzeug" umfasst alle Wasserfahrzeuge einschließlich nicht wasserverdrängender Fahrzeuge und Wasserflugzeuge, die als Beförderungsmittel auf dem Wasser verwendet werden oder verwendet werden können.

(b) Der Ausdruck „Maschinenfahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug mit Maschinenantrieb.

(c) Der Ausdruck „Segelfahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug unter Segel, dessen Maschinenantrieb, falls vorhanden, nicht benutzt wird.

(d) Der Ausdruck „fischendes Fahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug, das mit Netzen, Leinen, Schleppnetzen oder anderen Fanggeräten fischt, welche die Manövrierfähigkeit einschränken, jedoch nicht ein Fahrzeug, das mit Schleppangeln oder anderen Fanggeräten fischt, welche die Manövrierfähigkeit nicht einschränken.

(e) Der Ausdruck „Wasserflugzeug" bezeichnet ein zum Manövrieren auf dem Wasser eingerichtetes Luftfahrzeug.

(f) Der Ausdruck „manövrierunfähiges Fahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug, das wegen außergewöhnlicher Umstände nicht so manövrieren kann, wie es diese Regeln vorschreiben, und daher einem anderen Fahrzeug nicht ausweichen kann.

(g) Der Ausdruck „manövrierbehindertes Fahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug, das durch die Art seines Einsatzes behindert ist, so zu manövrieren, wie es diese Regeln vorschreiben, und daher einem anderen Fahrzeug nicht ausweichen kann.

Der Ausdruck „manövrierbehindertes Fahrzeug" umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein:

(i) Ein Fahrzeug, das ein Seezeichen, Unterwasserkabel oder eine Rohrleitung auslegt, versorgt oder aufnimmt;

(ii) ein Fahrzeug, das baggert, Forschungs- oder Vermessungsarbeiten oder Unterwasserarbeiten ausführt;

(iii) ein Fahrzeug in Fahrt, das Versorgungsmanöver ausführt oder mit der Übergabe von Personen, Ausrüstung oder Ladung beschäftigt ist;

(iv) ein Fahrzeug, auf dem Luftfahrzeuge starten oder landen;

(v) ein Fahrzeug beim Minenräumen;

(vi) ein Fahrzeug während eines Schleppvorgangs, bei dem das schleppende Fahrzeug und sein Anhang erheblich behindert sind, vom Kurs abzuweichen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(h) Der Ausdruck „tiefgangbehindertes Fahrzeug“ bezeichnet ein Maschinenfahrzeug, das durch seinen Tiefgang im Verhältnis zur vorhandenen Tiefe und Breite des befahrbaren Gewässers erheblich behindert ist, von seinem zu verfolgenden Kurs abzuweichen.

(i) Der Ausdruck „in Fahrt“ bedeutet, dass ein Fahrzeug weder vor Anker liegt noch an Land festgemacht ist noch auf Grund sitzt.

(j) Die Ausdrücke „Länge“ und „Breite“ eines Fahrzeugs bedeuten die Länge über alles und die größte Breite.

(k) Fahrzeuge gelten nur dann als einander in Sicht befindlich, wenn jedes vom anderen optisch wahrgenommen werden kann.

(l) Der Ausdruck „verminderte Sicht“ bezeichnet jeden Zustand, bei dem die Sicht durch Nebel, dickes Wetter, Schneefall, heftige Regengüsse, Sandstürme oder ähnliche Ursachen eingeschränkt ist.

(m) Der Ausdruck „Bodeneffektfahrzeug (BEF)“ bezeichnet ein in verschiedenen Betriebsweisen einsetzbares Fahrzeug, das in seiner Hauptbetriebsweise unter Ausnutzung des Bodeneffektes in nächster Nähe zur Oberfläche fliegt.

Alle Fahrzeuge in Fahrt mit Maschinenantrieb sind **„Maschinenfahrzeuge“**; dazu gehören auch treibende Fahrzeuge, deren Maschine zu Manövern bereit ist, fischende Fahrzeuge (vor allem Trawler untereinander), manövrierunfähige, manövrierbehinderte und tiefgangbehinderte Fahrzeuge. Allerdings sagen die Eingangsworte der Regel 3, dass sich aus dem Zusammenhang, aus der Systematik der Regeln also, etwas anderes ergeben kann. So sind manövrierunfähige, manövrierbehinderte und fischende Fahrzeuge im Rahmen der Regel 18(a) und (b) trotz ihres Maschinenantriebs keine Maschinenfahrzeuge. – „Fischende“ Fahrzeuge sind nur solche, deren Manövrierfähigkeit durch das Fanggerät tatsächlich eingeschränkt ist. **„Manövrierunfähige“** Fahrzeuge (Buchstabe (f)) und **„manövrierbehinderte“** Fahrzeuge (Buchstabe (g)) unterscheiden sich nur durch die Ursache, die es ihnen unmöglich macht auszuweichen (außergewöhnliche Umstände bzw. Art des Einsatzes). Tatsächlich müssen sie aber, um die Reise überhaupt ohne Schlepper fortsetzen zu dürfen, noch einen Rest von Manövrierfähigkeit haben, denn gelegentlich müssen auch sie ausweichen, sei es untereinander, sei es beim Überholen. Manövrierunfähig ist zum Beispiel auch ein Fahrzeug unter Segel ohne Wind und ohne einsatzfähige Maschine. – Während einer Lotsenversetzung ohne Probleme führen Maschinenfahrzeuge weiterhin ihre normalen Lichter; bei einer Versetzung mit Hubschrauber richtet sich die Lichterführung nach den örtlichen Regelungen. – Schleppverbände sind nur dann manövrierbehindert, wenn ihre Fähigkeit, den Kurs zu ändern, „erheblich“ eingeschränkt ist; von ähnlich großer Bedeutung kann für Schleppverbände eine durchgreifende Änderung der Geschwindigkeit sein. **„Tiefgangbehindert“** (Buchstabe (h)) können nur Maschinenfahrzeuge sein; sowohl Tiefe als auch Breite des Gewässers müssen ein Abweichen vom notwendigen Kurs „erheblich“ behindern.

„In Fahrt“ (Buchstabe (i)) ist ein Fahrzeug auch dann, wenn es den Anker nur als Manövrierhilfe benutzt. Nicht definiert ist der für die Lichterführung wichtige Begriff **„Fahrt durchs Wasser“**: ein Fahrzeug in Fahrt (!) macht Fahrt durchs Wasser, wenn das Wasser am Schiffsrumpf als Folge des eigenen Antriebs vorbeistreicht; vertreibt ein gestopptes Maschinenfahrzeug allein durch den Wind, so macht es keine Fahrt durchs Wasser.

Der Ausdruck „verminderte Sicht“ (Buchstabe (l)) ist, dem Wortlaut des Gesetzes folgend, als **„eingeschränkte“ Sicht** zu lesen. Rauch kann der Fall einer „ähnlichen“ Ursache sein. Eingeschränkte Sicht besteht immer dann, wenn es zur Kollisionsverhütung notwendig ist, Manöver nach Regel 19(d) schon einzuleiten, bevor andere Fahrzeuge in Sicht kommen; kann man seine Ausweichpflicht dagegen nach dem Sichten noch gehörig (Regel 8(a) bis (e)) erfüllen, so ist die

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Sicht nicht „eingeschränkt“. Für größere Fahrzeuge ist eingeschränkte Sicht bei einer Sichtweite von 2 sm regelmäßig zu bejahen; im Hafen, im Fahrwasser und zwischen Sportfahrzeugen liegen die Grenzwerte deutlich darunter. Eingeschränkte Sicht im Sinne der Regel 35 (für die Pflicht, Schallsignale zu geben) kann nicht angenommen werden, wenn die Sichtweite größer ist als die Tragweite der Nebelsignale.

9.4 Ausweich- und Fahrregeln (Regel 4 bis 10 KVR)

Teil B

Abschnitt I

Verhalten von Fahrzeugen bei allen Sichtverhältnissen

Regel 4 Anwendung

Die Regeln dieses Abschnitts gelten bei allen Sichtverhältnissen.

Regel 5 Ausguck

Jedes Fahrzeug muss jederzeit durch Sehen und Hören sowie durch jedes andere verfügbare Mittel, das den gegebenen Umständen und Bedingungen entspricht, gehörigen Ausguck halten, der einen vollständigen Überblick über die Lage und die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes gibt.

Der Begriff **„Ausguck“** umfasst auch das Hören; Ausguck ist auch nach achtern und auf Ankerliegern zu halten. Die genannten „anderen verfügbaren Mittel“ sind etwa die Benutzung von Ferngläsern, UKW- und Radarüberwachung sowie die Beobachtung der AIS-Daten. In der Nebelfahrt ist der Ausguck auf der Back zu gehen, wenn dies ungefährlich ist und auch nützliche Informationen verspricht, die von der Brücke aus nicht zu gewinnen sind. Bei der Frage, ob Ausguck in der vorhandenen Brückennock gegangen werden muss, ist ähnlich abzuwägen.

Der STCW-Code (Abschnitt A – VIII/2) enthält umfangreiche Bestimmungen zum Ausguck. So muss der Ausguck in der Lage sein, „sich ganz seiner Aufgabe zu widmen“ (Nr. 14); die Funktionen von Ausguck und Rudergänger sind getrennt wahrzunehmen, auf „kleinen“ Schiffen (wohl bis Kuttergröße) kann eine Person genügen (Nr. 15).

Regel 6 Sichere Geschwindigkeit

Jedes Fahrzeug muss jederzeit mit einer sicheren Geschwindigkeit fahren, so dass es geeignete und wirksame Maßnahmen treffen kann, um einen Zusammenstoß zu vermeiden, und innerhalb einer Entfernung zum Stehen gebracht werden kann, die den gegebenen Umständen und Bedingungen entspricht.

Zur Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit müssen unter anderem folgende Umstände berücksichtigt werden:

(a) Von allen Fahrzeugen:

(i) die Sichtverhältnisse;

(ii) die Verkehrsdichte einschließlich Ansammlungen von Fischerei- und sonstigen Fahrzeugen;

(iii) die Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs unter besonderer Berücksichtigung der Stoppstrecke und der Dreheigenschaften unter den gegebenen Bedingungen;

(iv) bei Nacht die Hintergrundhelligkeit, z. B. durch Lichter an Land oder eine Rückstrahlung der eigenen Lichter;

(v) die Wind-, Seegangs- und Strömungsverhältnisse sowie die Nähe von Schifffahrtsgefahren;

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(vi) der Tiefgang im Verhältnis zur vorhandenen Wassertiefe.

(b) Zusätzlich von Fahrzeugen mit betriebsfähigem Radar:

(i) die Eigenschaften, die Wirksamkeit und die Leistungsgrenzen der Radaranlage;

(ii) jede Einschränkung, die sich aus dem eingeschalteten Entfernungsbereich des Radars ergibt;

(iii) der Einfluss von Seegang, Wetter und anderen Störquellen auf die Radaranzeige;

(iv) die Möglichkeit, dass kleine Fahrzeuge, Eis und andere schwimmende Gegenstände durch Radar nicht innerhalb einer ausreichenden Entfernung geortet werden;

(v) die Anzahl, die Lage und die Bewegung der vom Radar georteten Fahrzeuge;

(vi) die genauere Feststellung der Sichtweite, die der Gebrauch des Radars durch Entfernungsmessung in der Nähe von Fahrzeugen oder anderen Gegenständen ermöglicht.

Zur **sicheren Geschwindigkeit** enthalten die Buchstaben (a) und (b) einen klaren Katalog von Kriterien; zur Nebelfahrt siehe Kap. 9.6. Ganz allgemein gilt: eine Geschwindigkeit ist sicher, wenn sie es erlaubt, eine Kollision mit den nach den KVR geforderten Manövern zu vermeiden und eine sichere Passage zu gewährleisten. Auch eine niedrige Geschwindigkeit kann unsicher sein; das ist anzunehmen, wenn sie eine gefährliche Abdrift erlaubt oder wenn sie die Steuerfähigkeit zu stark beeinträchtigt; die Einsatzfähigkeit eines Bugstrahlruders ist hier von erheblicher Bedeutung.

Regel 7 Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes

(a) Jedes Fahrzeug muss mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln entsprechend den gegebenen Umständen und Bedingungen feststellen, ob die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht. Im Zweifelsfall ist diese Möglichkeit anzunehmen.

(b) Um eine frühzeitige Warnung von der Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes zu erhalten, muss eine vorhandene und betriebsfähige Radaranlage gehörig gebraucht werden, und zwar einschließlich der Anwendung der großen Entfernungsbereiche, des Plottens oder eines gleichwertigen systematischen Verfahrens zur Überwachung georteter Objekte.

(c) Folgerungen aus unzulänglichen Informationen, insbesondere aus unzulänglichen Radarinformationen, müssen unterbleiben.

(d) Bei der Feststellung, ob die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss unter anderem folgendes berücksichtigt werden:

(i) Eine solche Möglichkeit ist anzunehmen, wenn die Kompasspeilung eines sich nähernden Fahrzeugs sich nicht merklich ändert;

(ii) eine solche Möglichkeit kann manchmal auch bestehen, wenn die Peilung sich merklich ändert, insbesondere bei der Annäherung an ein sehr großes Fahrzeug, an einen Schleppzug oder an ein Fahrzeug nahebei.

Die KVR kennen drei Gefahrenstufen:

1) **Kollisionsrisiko**/„Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes“ (*risk of collision*);
2) **„Gefahr eines Zusammenstoßes“** (*danger of collision*);
3) **„unmittelbare Gefahr“** (*immediate danger*).

Die deutsche Formulierung im ersten Fall ist eine unglückliche Übersetzung, denn das „risk“ ist ein „Risiko“ (vgl. Normblatt DIN 13312: 2005). Darum wird in der Kommentierung nur der Begriff „Kollisionsrisiko“ verwendet; gemeint ist ein **konkretes** Risiko. – Den Begriff „Gefahr eines Zusammenstoßes“ verwendet das Gesetz nur in Regel 19(e); eine solche „drohende“ Gefahr liegt vor, wenn ohne Gegenmaßnahmen in naher Zukunft wahrscheinlich ein Schaden eintreten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

wird. – Eine „unmittelbare Gefahr“ besteht, wenn ohne Gegenmaßnahmen in allernächster Zukunft mit Sicherheit ein Schaden eintritt.

Regel 7 befasst sich nur mit dem ersten Fall, dem konkreten Kollisionsrisiko, und gibt eine gut verständliche Beschreibung der Pflichten. Offen bleibt, bei welcher Distanz (räumlich und zeitlich) zum möglichen Kollisionsort ein Risiko bejaht werden muss. Wegen der großen Zahl der denkbaren Fallgestaltungen ist das nach der allgemeinen seemännischen Praxis oder den besonderen Umständen des Falles (Regel 2(a)) zu entscheiden (Schlagworte: „großer Abstand“, „*long distances*“, „*Long Range Rule*“).

Buchstabe (b) verlangt den „gehörigen“ Gebrauch der Radaranlage; das umfasst vor allem die Wahl der Darstellungsart und der Wellenlänge sowie die Intensität der Beobachtung und Auswertung. Bei hoher Verkehrsdichte gehört die Nutzung der Radarinformationen, unabhängig von den Sichtverhältnissen, immer zum gehörigen Gebrauch.

Regel 8 Manöver zur Vermeidung von Zusammenstößen

(a) Jedes Manöver zur Vermeidung von Zusammenstößen muss, wenn es die Umstände zulassen, entschlossen, rechtzeitig und so ausgeführt werden, wie gute Seemannschaft es erfordert.

(b) Jede Änderung des Kurses und/oder der Geschwindigkeit zur Vermeidung eines Zusammenstoßes muss, wenn es die Umstände zulassen, so groß sein, dass ein anderes Fahrzeug optisch oder durch Radar sie schnell erkennen kann; aufeinanderfolgende kleine Änderungen des Kurses und/oder der Geschwindigkeit sollen vermieden werden.

(c) Ist genügend Seeraum vorhanden, so kann eine Kursänderung allein die wirksamste Maßnahme zum Meiden des Nahbereichs sein, vorausgesetzt, dass sie rechtzeitig vorgenommen wird, durchgreifend ist und nicht in einen anderen Nahbereich führt.

(d) Ein Manöver zur Vermeidung eines Zusammenstoßes mit einem anderen Fahrzeug muss zu einem sicheren Passierabstand führen. Die Wirksamkeit des Manövers muss sorgfältig überprüft werden, bis das andere Fahrzeug endgültig vorbei und klar ist.

(e) Um einen Zusammenstoß zu vermeiden oder mehr Zeit zur Beurteilung der Lage zu gewinnen, muss ein Fahrzeug erforderlichenfalls seine Fahrt mindern oder durch Stoppen oder Rückwärtsgehen jegliche Fahrt wegnehmen.

(f)

(i) Ein Fahrzeug, das auf Grund einer dieser Regeln verpflichtet ist, die Durchfahrt eines anderen Fahrzeugs nicht zu behindern, muss, wenn es die Umstände erfordern, frühzeitig Maßnahmen ergreifen, um genügend Raum für die sichere Durchfahrt des anderen Fahrzeugs zu lassen.

(ii) Ein Fahrzeug, das verpflichtet ist, die Durchfahrt oder die sichere Durchfahrt eines anderen Fahrzeugs nicht zu behindern, ist von dieser Verpflichtung nicht befreit, wenn es sich dem anderen Fahrzeug so nähert, dass die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, und muss, wenn es Maßnahmen ergreift, in vollem Umfang die Maßnahmen berücksichtigen, die nach den Regeln dieses Teiles vorgeschrieben sind.

(iii) Ein Fahrzeug, dessen Durchfahrt nicht behindert werden darf, bleibt in vollem Umfang verpflichtet, die Regeln dieses Teiles einzuhalten, wenn die beiden Fahrzeuge sich so nähern, dass die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht.

Die Regeln 12, 13, 14, 15 und 19 sind jedem Wachhabenden geläufig; gefährlich ist jedoch die Tatsache, dass die Handlungspflichten nicht immer so erfüllt werden, wie es Regel 8 in den Buchstaben (a) bis (e) verlangt. Ein Manöver muss **rechtzeitig**, entschlossen und **durchgreifend** ausgeführt werden, **schnell erkennbar** sein, zu einem **sicheren Passierabstand** führen und dabei auch den **Nahbereich zu Dritten** vermeiden. Für die in Buchstabe (a) genannte

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

„gute Seemannschaft“ bleibt danach kaum noch ein Anwendungsbereich. – Alle aufgezählten Bedingungen sind auch bei Pflichtmanövern des Kurshalters (Regel 17(b) bzw. 2(a)) zu erfüllen.

Die Buchstaben (a) bis (c) verbieten es, aus wirtschaftlichen Überlegungen langsame und möglichst kleine Kursänderungen durchzuführen. Benutzt ein ausweichpflichtiges Fahrzeug den Trial-Modus des Radargerätes, um einen „sicheren“ Passierabstand hinter dem Heck eines querenden Fahrzeugs festzustellen, so ändert das nichts an der Pflicht, nach Buchstabe (b) optisch schnell erkennbar zu handeln. Manöver sind nach Regel 34(a) durch Signale mit der Pfeife anzuzeigen; das gilt sicherlich nur, wenn sie auch gehört werden können. Auf größere Distanzen und vor allem bei Nacht sind die nach Regel 34(b) nur als Ergänzung vorgesehenen Lichtsignale oft wirksamer.

Der Buchstabe (f) musste nachträglich eingefügt werden, da das Rechtsinstitut Behinderungsverbot nicht immer verstanden wurde und daher oft nicht beachtet werden konnte. Ziffer (i) in Zusammenhang mit Nr. 3 der „Anleitung“ zu den KVR macht deutlich, dass Behinderungsverbote früher greifen als Ausweichpflichten, **Ausweichsituationen sollen vermieden werden**. Ist ein Kollisionsrisiko aber entstanden, dann müssen beide Fahrzeuge handeln; das sagt Ziffer (ii) für den Adressaten des Behinderungsverbotes, Ziffer (iii) für das ursprünglich geschützte Fahrzeug. Abb. 9.4.1 zeigt die Änderung der Handlungspflicht für „T“ (tiefgangbehindert), Abb. 9.4.2 das Verhältnis von „M“ (Maschinenfahrzeug) und „F“ (fischendes Fahrzeug) im engen Fahrwasser.

Manöver, die Behinderungen in einem engen Fahrwasser oder in einem Verkehrstrennungsgebiet verhindern sollen, sind oft schon außerhalb dieser Gebiete zu beginnen, um Regel 8(a) bis (e) zu erfüllen. Das mit dem Behinderungsverbot belastete Fahrzeug muss mit Eintritt des Kollisionsrisikos in jedem Fall auch berücksichtigen, wie das andere Fahrzeug handeln wird (zweiter Teil von Buchstabe (f) (ii)).

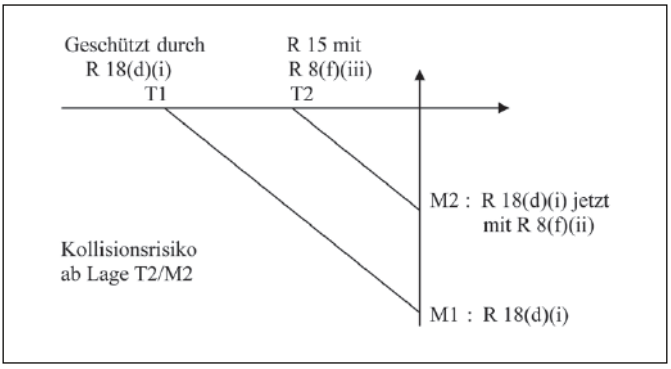


Abb. 9.4.1: Behinderungsverbot gegenüber Tiefgangbehinderten

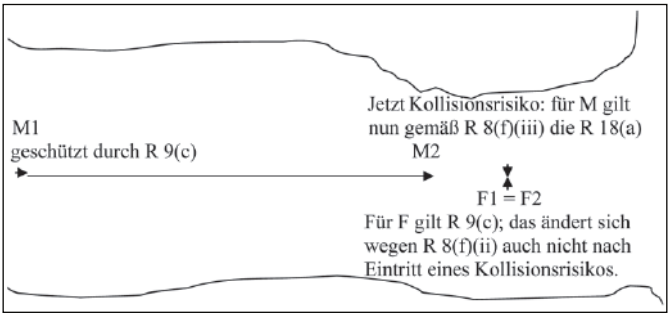

Jetzt Kollisionsrisiko: für M gilt
nun gemäß R 8(f)(iii) die R 18(a)
M1
geschützt durch R 9(c)
M2
F1 = F2
Für F gilt R 9(c); das ändert sich
wegen R 8(f)(ii) auch nicht nach
Eintritt eines Kollisionsrisikos.

Abb. 9.4.2: Behinderungsverbot des fischenden Fahrzeugs im engen Fahrwasser

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Regel 9 Enge Fahrwasser

(a) Ein Fahrzeug, das der Richtung eines engen Fahrwassers oder einer Fahrrinne folgt, muss sich so nahe am äußeren Rand des Fahrwassers oder der Fahrrinne an seiner Steuerbordseite halten, wie dies ohne Gefahr möglich ist.

(b) Ein Fahrzeug von weniger als 20 Meter Länge oder ein Segelfahrzeug darf nicht die Durchfahrt eines Fahrzeugs behindern, das nur innerhalb eines engen Fahrwassers oder einer Fahrrinne sicher fahren kann.

(c) Ein fischendes Fahrzeug darf nicht die Durchfahrt eines Fahrzeugs behindern, das innerhalb eines engen Fahrwassers oder einer Fahrrinne fährt.

(d) Ein Fahrzeug darf ein enges Fahrwasser oder eine Fahrrinne nicht queren, wenn dadurch die Durchfahrt eines Fahrzeugs behindert wird, das nur innerhalb eines solchen Fahrwassers oder einer solchen Fahrrinne sicher fahren kann. Das letztere darf das in Regel 34 Buchstabe d vorgeschriebene Schallsignal geben, wenn es über die Absichten des querenden Fahrzeugs im Zweifel ist.

(e)

(i) Kann in einem engen Fahrwasser nur dann sicher überholt werden, wenn das zu überholende Fahrzeug mitwirkt, so muss das überholende Fahrzeug seine Absicht durch das entsprechende Signal nach Regel 34 Buchstabe c Ziffer i anzeigen. Ist das zu überholende Fahrzeug einverstanden, so muss es das entsprechende Signal nach Regel 34 Buchstabe c Ziffer ii geben und Maßnahmen für ein sicheres Passieren treffen. Im Zweifelsfall darf es die in Regel 34 Buchstabe d vorgeschriebenen Signale geben.

(ii) Diese Regel befreit das überholende Fahrzeug nicht von seiner Verpflichtung nach Regel 13.

(f) Ein Fahrzeug, das sich einer Krümmung oder einem Abschnitt eines engen Fahrwassers oder einer Fahrrinne nähert, wo andere Fahrzeuge durch ein dazwischenliegendes Sichthindernis verdeckt sein können, muss mit besonderer Aufmerksamkeit und Vorsicht fahren und das entsprechende Signal nach Regel 34 Buchstabe e geben.

(g) Jedes Fahrzeug muss, wenn es die Umstände zulassen, das Ankern in einem engen Fahrwasser vermeiden.

Eine Definition des **engen Fahrwassers** fehlt, wenn nicht örtliche Regelungen Sicherheit schaffen. Zweck der Regel 9 ist es, Kollisionsrisiken durch ein strenges Rechtsfahrgebot zu vermeiden. Orientiert man sich an diesem Zweck, dann handelt es sich dort um ein „enges" Fahrwasser, wo es auch allgemeiner seemännischer Praxis entspricht, rechts zu fahren. Ein enges Fahrwasser ist auch dadurch gekennzeichnet, dass Querverkehr den Längsverkehr gefährlich stören kann. „Fahrrinnen" sind vor allem Rinnen innerhalb eines engen Fahrwassers oder in anderen Gebieten, wenn zumindest Teile der Schifffahrt auf die Rinne angewiesen sind. Regel 9 gilt auch in kurzen Engstellen.

Rechts fahren (Buchstabe (a)) heißt, so dicht am rechten Rand fahren, wie es ohne Gefahr möglich ist; es genügt also sehr oft nicht, rechts von einer Feuer- oder Radarlinie zu fahren. Buchstabe (e) sieht für bestimmte Überholmanöver den Austausch von Pfeifensignalen (siehe Kap. 9.7) vor; er wird in der Praxis auch durch UKW-Absprachen ersetzt, die eindeutig sein müssen.

Die Behinderungsverbote der Regel 9 richten sich an vier Fahrzeuggruppen: Fahrzeuge unter 20 Meter Länge, Segelfahrzeuge, fischende Fahrzeuge und querende Fahrzeuge. Der Begriff „Queren" umfasst auch das teilweise Queren und das seitliche Einlaufen. – Allgemeines zu den Behinderungsverboten ist bei Regel 8 dargestellt; die Kritik an den Behinderungsverboten bezieht sich vor allem auf die Unklarheiten im Einzelfall, wie hier in Regel 9: Wie ist ein Fahrzeug unter 20 Meter Länge – vor allem nachts – als solches zu erkennen (Buchstabe (b))? Wie ist

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

zu erkennen, ob ein Fahrzeug nur innerhalb einer Fahrrinne oder eines Fahrwassers „sicher" fahren kann (Buchstabe (b) und (d))? Ähnlich kritische Fragen ergeben sich bei Regel 10.

Regel 10 Verkehrstrennungsgebiete

(a) Diese Regel gilt in Verkehrstrennungsgebieten, die von der Organisation festgelegt worden sind; sie befreit ein Fahrzeug nicht von seiner Verpflichtung auf Grund einer anderen Regel.

(b) Ein Fahrzeug, das ein Verkehrstrennungsgebiet benutzt, muss

(i) auf dem entsprechenden Einbahnweg in der allgemeinen Verkehrsrichtung dieses Weges fahren;

(ii) sich, soweit möglich, von der Trennlinie oder Trennzone klar halten;

(iii) in der Regel an den Enden des Einbahnweges ein- oder auslaufen; wenn es jedoch von der Seite ein- oder ausläuft, muss dies in einem möglichst kleinen Winkel zur allgemeinen Verkehrsrichtung erfolgen.

(c) Ein Fahrzeug muss soweit wie möglich das Queren von Einbahnwegen vermeiden; ist es jedoch zum Queren gezwungen, so muss dies möglichst mit der Kielrichtung im rechten Winkel zur allgemeinen Verkehrsrichtung erfolgen.

(d)

(i) Ein Fahrzeug darf eine Küstenverkehrszone nicht benutzen, wenn es den entsprechenden Einbahnweg des angrenzenden Verkehrstrennungsgebiets sicher befahren kann. Fahrzeuge von weniger als 20 Meter Länge, Segelfahrzeuge und fischende Fahrzeuge dürfen die Küstenverkehrszone jedoch benutzen.

(ii) Ungeachtet der Ziffer i darf ein Fahrzeug eine Küstenverkehrszone benutzen, wenn es sich auf dem Weg zu oder von einem Hafen, einer Einrichtung oder einem Bauwerk vor der Küste, einer Lotsenstation oder einem sonstigen, innerhalb der Küstenverkehrszone gelegenen Ort befindet, oder zur Abwendung einer unmittelbaren Gefahr.

(e) Außer beim Queren oder beim Einlaufen in einen Einbahnweg oder beim Verlassen eines Einbahnweges darf ein Fahrzeug in der Regel nicht in eine Trennzone einlaufen oder eine Trennlinie überfahren, ausgenommen

(i) in Notfällen zur Abwendung einer unmittelbaren Gefahr;

(ii) zum Fischen innerhalb einer Trennzone.

(f) Im Bereich des Zu- und Abgangs der Verkehrstrennungsgebiete muss ein Fahrzeug mit besonderer Vorsicht fahren.

(g) Ein Fahrzeug muss das Ankern innerhalb eines Verkehrstrennungsgebietes oder im Bereich des Zu- und Abgangs soweit wie möglich vermeiden.

(h) Ein Fahrzeug, das ein Verkehrstrennungsgebiet nicht benutzt, muss von diesem einen möglichst großen Abstand halten.

(i) Ein fischendes Fahrzeug darf die Durchfahrt eines Fahrzeugs auf dem Einbahnweg nicht behindern.

(j) Ein Fahrzeug von weniger als 20 Meter Länge oder ein Segelfahrzeug darf die sichere Durchfahrt eines Maschinenfahrzeugs auf dem Einbahnweg nicht behindern.

(k) Ein manövrierbehindertes Fahrzeug, das in einem Verkehrstrennungsgebiet Arbeiten zur Aufrechterhaltung der Sicherheit der Schifffahrt durchführt, ist von der Befolgung dieser Regel befreit, soweit dies zur Ausführung der Arbeiten erforderlich ist.

(l) Ein manövrierbehindertes Fahrzeug, das in einem Verkehrstrennungsgebiet Unterwasserkabel auslegt, wartet oder aufnimmt, ist von der Befolgung dieser Regel befreit, soweit dies für die Ausführung der Arbeiten erforderlich ist.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Begriff „Verkehrstrennungsgebiet“ (VTG) ist in § 6 VOKVR (siehe Kap. 9.1) grob definiert; umfangreiche allgemeine Regelungen finden sich in der IMO-Veröffentlichung SHIPS´ ROUTEING. Die in Regel 10(a) genannte „Organisation“ ist die IMO. Das Verhalten in den nicht von der IMO festgelegten VTG hat sich – zumindest für die Großschifffahrt – gemäß Regel 2(a) an den Normen der Regel 10 zu orientieren.

Anders als Regel 9 enthält Regel 10 nur Behinderungsverbote für drei Fahrzeuggruppen: fischende Fahrzeuge, Fahrzeuge von weniger als 20 Meter und Segelfahrzeuge. Maschinenfahrzeuge, die einem Einbahnweg folgen, verhalten sich oft so, als müssten querende Fahrzeuge Rücksicht auf sie nehmen; das ist jedoch nicht der Fall, es gelten vielmehr die Ausweichregeln ohne Einschränkung (so ausdrücklich der 2. Halbsatz in Regel 10(a)). In Abb. 9.4.3 muss daher MV“B“ dem MV“A“ nach Regel 13 und MV“Y“ dem MV“X“ nach Regel 15 ausweichen.

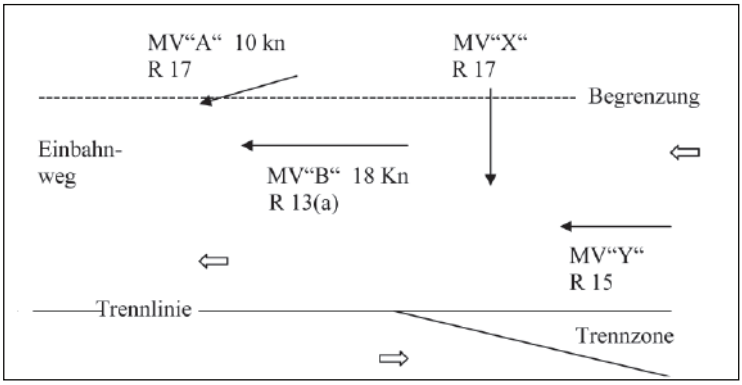


Abb. 9.4.3: Kein Vorrecht für Fahrzeuge, die dem Einbahnweg folgen

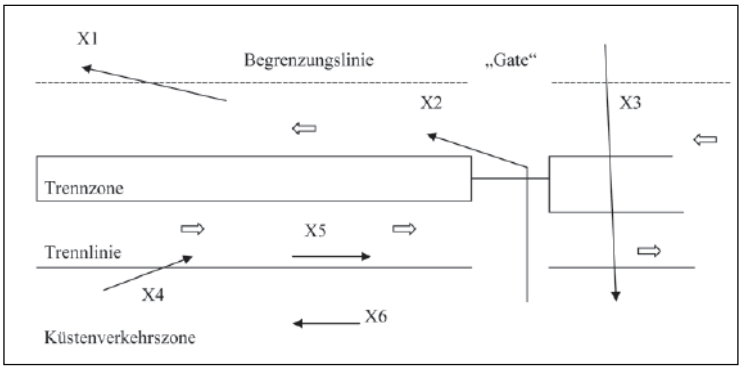


Abb. 9.4.4: Verkehrstrennungsgebiet (Kursführung)

Der **Benutzer** des VTG muss dem richtigen Weg in der allgemeinen Verkehrsrichtung (dargestellt durch Pfeile) folgen und sich von Trennlinien und Trennzonen möglichst **„klar“** halten (vgl. Fahrzeug X5 in Abb. 9.4.4). Fahrzeuge, die außerhalb des VTG fahren, müssen einen **„möglichst großen“ Abstand** vom VTG halten; (vgl. Fahrzeug X6 in Abb. 9.4.4); so kann X6 nicht gezwungen sein, bei fast entgegengesetzten Kursen (Regel 14(a)) nach Westen in den Einbahnweg zu laufen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Das **Queren** von Einbahnwegen ist grundsätzlich verboten; X3 handelt insofern falsch, es hätte das *Gate* benutzen können. X2 quert dagegen richtig und läuft dann am Anfang ein, denn das *Gate* wird wie eine Unterbrechung des VTG behandelt. – Zwingen die Umstände dazu, das VTG oder einen Einbahnweg zu queren, dann muss dies mit der Kielrichtung im rechten Winkel zur allgemeinen Verkehrsrichtung erfolgen. Notwendige Kursänderungen zur Erfüllung einer Ausweichpflicht sind gestattet; Entsprechendes gilt in der Nebelfahrt für Kursänderungen zur Vermeidung des Nahbereichs.

Ebenso wie das Queren ist das seitliche **Einlaufen und Auslaufen** verboten, wenn es auf zumutbare Weise vermieden werden kann; X1 hätte wohl am westlichen Ende aus-, X4 am westlichen Ende einlaufen müssen. Der spitze Winkel bei beiden Fahrzeugen ist regelgerecht (Abb. 9.4.4). – Fischende Fahrzeuge dürfen im VTG arbeiten; im Einbahnweg müssen sie dabei aber die allgemeine Verkehrsrichtung einhalten.

Das Befahren der „Küstenverkehrszonen“ (KVZ) ist zwar ausführlich in Buchstabe (d) geregelt, eine KVZ ist aber nicht Teil des VTG. Auch die Buchstaben (f) bis (h) betreffen Gebiete, die nicht zum VTG selbst gehören (Bereich der Zu- und Abgänge sowie seitliche Abstände vom VTG); Ankerverbote gelten gemäß Buchstabe (g) im gesamten VTG (also auch in einer Trennzone) und im Bereich der Zu- und Abgänge.

9.5 Ausweich- und Fahrregeln (Regel 11 bis 18 KVR)

Abschnitt II

Verhalten von Fahrzeugen, die einander in Sicht haben

Regel 11 Anwendung

Die Regeln dieses Abschnitts gelten für Fahrzeuge, die einander in Sicht haben.

Regel 12 Segelfahrzeuge

(a) Wenn zwei Segelfahrzeuge sich einander so nähern, dass die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss das eine dem anderen wie folgt ausweichen:

(i) Wenn sie den Wind nicht von derselben Seite haben, muss das Fahrzeug, das den Wind von Backbord hat, dem anderen ausweichen;

(ii) wenn sie den Wind von derselben Seite haben, muss das luvwärtige Fahrzeug dem leewärtigen ausweichen;

(iii) wenn ein Fahrzeug mit Wind von Backbord ein Fahrzeug in Luv sichtet und nicht mit Sicherheit feststellen kann, ob das andere Fahrzeug den Wind von Backbord oder von Steuerbord hat, muss es dem anderen ausweichen.

(b) Im Sinne dieser Regel ist die Luvseite diejenige Seite, die dem gesetzten Großsegel gegenüberliegt, bei Rahseglern diejenige Seite, die dem größten gesetzten Schratsegel gegenüberliegt.

Regel 12 gilt nicht für Überholsituationen. – Für Nautiker ohne Segelerfahrung illustriert Abb. 9.5.1 den Inhalt der Regel 12(a)(iii). Die in Buchstabe (b) genannten „Schratsegel“ sind Längsschiffs-Segel.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

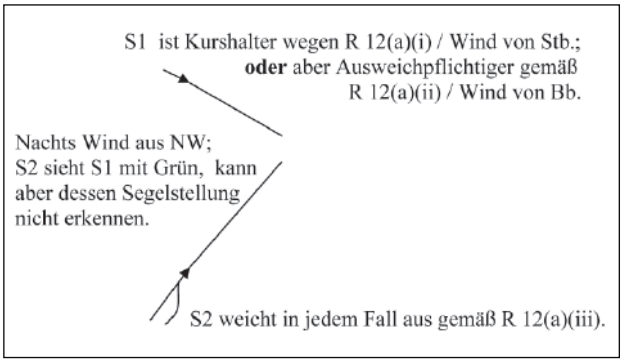

S1 ist Kurshalter wegen R 12(a)(i) / Wind von Stb.;
oder aber Ausweichpflichtiger gemäß
R 12(a)(ii) / Wind von Bb.
Nachts Wind aus NW;
S2 sieht S1 mit Grün, kann
aber dessen Segelstellung
nicht erkennen.
S2 weicht in jedem Fall aus gemäß R 12(a)(iii).

Abb. 9.5.1: Zu *Regel 12(a)(iii)*

Regel 13 Überholen

(a) Ungeachtet der Regeln des Teiles B Abschnitt I und II muss jedes Fahrzeug beim Überholen dem anderen ausweichen.

(b) Ein Fahrzeug gilt als überholendes Fahrzeug, wenn es sich einem anderen aus einer Richtung von mehr als 22,5 Grad achterlicher als querab nähert und daher gegenüber dem zu überholenden Fahrzeug so steht, dass es bei Nacht nur dessen Hecklicht, aber keines der Seitenlichter sehen könnte.

(c) Kann ein Fahrzeug nicht sicher erkennen, ob es ein anderes überholt, so muss es dies annehmen und entsprechend handeln.

(d) Durch eine spätere Änderung der Peilung wird das überholende Fahrzeug weder zu einem kreuzenden im Sinne dieser Regeln noch wird es von der Verpflichtung entbunden, dem anderen Fahrzeug auszuweichen, bis es dieses klar passiert hat.

Regel 13 geht allen anderen Ausweichregeln (Regel 12, 15 und 18(a) bis (c)) vor. Zwar wird hier das Merkmal „Kollisionsrisiko“ nicht genannt, aber ohne ein solches Risiko gibt es auch hier keine Ausweichpflicht. Überholer ist, wer sich aus dem Hecklichtsektor nähert. Hat der Hintermann insofern Zweifel (Buchstabe (c)), so muss er als Überholer handeln; weiß der Vordermann in solch einem Fall, dass tatsächlich er nach Regel 15 (kreuzende Kurse) ausweichpflichtig ist, so fahren beide Fahrzeuge ein Ausweichmanöver. – Wer sich aus dem Hecklichtsektor genähert hat, jetzt aber im Bereich der Seitenlichter steht, bleibt Überholer (vgl. Fahrzeug “Y“ in Abb. 9.5.2). Wenn konkrete Umstände nicht etwas anderes verlangen, wird ein Überholer

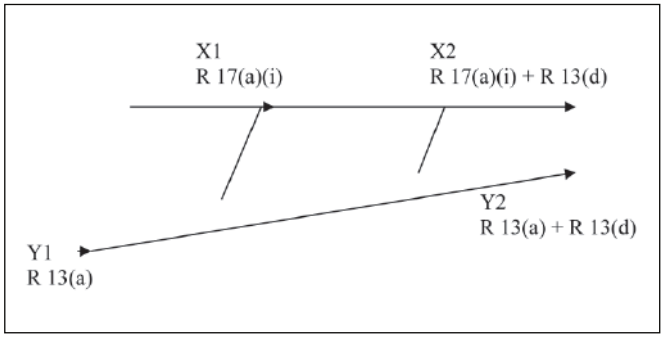


Abb. 9.5.2: Änderung der Seitenpeilung beim Überholen

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

den Vordermann an Backbord lassen; so wird seine Ausweichfähigkeit bei kreuzenden Kursen nicht eingeschränkt.

Regel 14 Entgegengesetzte Kurse

(a) Wenn zwei Maschinenfahrzeuge auf entgegengesetzten oder fast entgegengesetzten Kursen sich einander so nähern, dass die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss jedes seinen Kurs nach Steuerbord so ändern, dass sie einander an Backbordseite passieren.

(b) Eine solche Lage muss angenommen werden, wenn ein Fahrzeug das andere recht voraus oder fast recht voraus sieht, bei Nacht die Topplichter des anderen in Linie oder fast in Linie und/oder beide Seitenlichter sieht und am Tage das andere Fahrzeug dementsprechend ausmacht.

(c) Kann ein Fahrzeug nicht sicher erkennen, ob eine solche Lage besteht, so muss es von dieser ausgehen und entsprechend handeln.

Diese Regel unterscheidet sich von anderen Ausweichregeln dadurch, dass beide Fahrzeuge handeln müssen und dass ihnen ein bestimmtes Manöver, eine Kursänderung nach Steuerbord, vorgeschrieben wird. Die besondere Gefahr liegt in der hohen Annäherungsgeschwindigkeit. – Regel 14 enthält drei Alternativen: entgegengesetzte Kurse und fast entgegengesetzte Kurse (Buchstabe (a)) sowie Zweifelsfälle (Buchstabe (c)).

„Kurse“ haben auch manövrierfähige Maschinenfahrzeuge, die treiben. – **Entgegengesetzte Kurse** liegen vor, wenn man beide Seitenlichter recht voraus sieht oder, wäre es Nacht, sehen könnte. Praktisch schwierig ist es zu bestimmen, bei welcher Seitenpeilung man die beiden Seitenlichter fast recht voraus sieht oder sehen könnte, wann also **fast** entgegengesetzte Kurse anzunehmen sind; das ist von den Umständen des Falles abhängig, etwa vom Seegebiet, von der Größe der Schiffe und dem notwendigen Passierabstand; letztlich läuft diese Entscheidung oft auf die Frage hinaus, ob ein **Zweifelsfall** nach Buchstabe (c) vorliegt. Besonders gefährlich sind hier die Situationen, in denen der Gegenkommer eben an Steuerbord steht. Abb. 9.5.3 zeigt den Fall, dass „Y“ Zweifel hat und gemäß Regel 14(c) nach Steuerbord geht, „X“ aber den als sicher angenommenen Passierabstand (Grün an Grün) vergrößert.

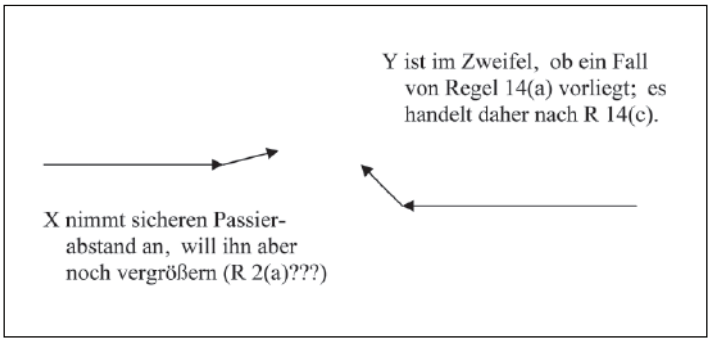

Y ist im Zweifel, ob ein Fall von Regel 14(a) vorliegt; es handelt daher nach R 14(c).
X nimmt sicheren Passierabstand an, will ihn aber noch vergrößern (R 2(a)???)

Abb. 9.5.3: Keine Ausweichlage oder Fall entgegengesetzter Kurse?

Regel 15 Kreuzende Kurse

Wenn die Kurse zweier Maschinenfahrzeuge einander so kreuzen, dass die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss dasjenige ausweichen, welches das andere an seiner Steuerbordseite hat; wenn die Umstände es zulassen, muss es vermeiden, den Bug des anderen Fahrzeugs zu kreuzen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Regel gilt für alle **Maschinenfahrzeuge in Sicht** voneinander, deren **Kurse sich kreuzen**, es sei denn, eine der **Ausnahmen** (Regel 13, 14 oder 18) greift ein, oder es fehlt (noch) an einem **Kollisionsrisiko**, an einer „Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes". Schnelle Fähren werden häufig schon vor Entstehung eines Kollisionsrisikos einen sicheren Kurs wählen, so, als träfe sie ein Behinderungsverbot. Ein Fahrzeug, das eine andauernde Kursänderung durchführt, hat keinen „Kurs"; die Kurse in Abb. 9.5.4 kreuzen sich also nicht, beide Fahrzeuge halten sich rechts im engen Fahrwasser. – Halbsatz 2 betont für Fälle der kreuzenden Kurse den schon allgemein geltenden Grundsatz, möglichst hinter dem Heck anderer Fahrzeuge zu passieren.

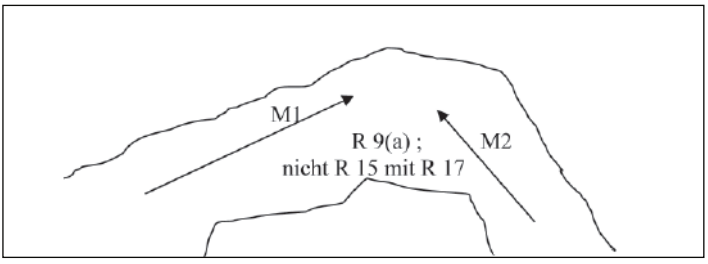


Abb. 9.5.4: „gekrümmte" Kurse

Auch bei Regel 15 hat das treibende, aber manövrierfähige Fahrzeug einen Kurs (vgl. Abb. 9.5.5); der Kurshalter wird hier rechtzeitig und klar erkennbar von seinem Recht aus Regel 17(a)(ii) Gebrauch machen und wohl hinter dem Heck des MS X passieren.

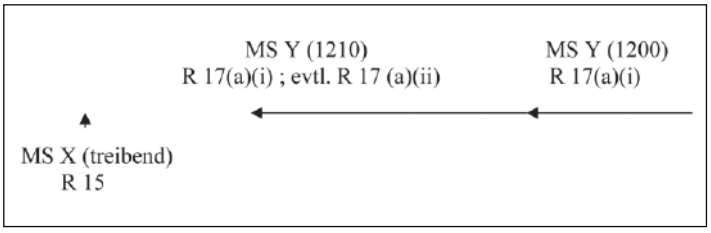


Abb. 9.5.5: Ausweichpflicht eines treibenden Fahrzeugs

Regel 16 Maßnahmen des Ausweichpflichtigen

Jedes ausweichpflichtige Fahrzeug muss möglichst frühzeitig und durchgreifend handeln, um sich gut klar zu halten.

Regel 17 Maßnahmen des Kurshalters

(a)

(i) Muss von zwei Fahrzeugen eines ausweichen, so muss das andere Kurs und Geschwindigkeit beibehalten (Kurshalter).

(ii) Der Kurshalter darf jedoch zur Abwendung eines Zusammenstoßes selbst manövrieren, sobald klar wird, dass der Ausweichpflichtige nicht angemessen nach diesen Regeln handelt.

(b) Ist der Kurshalter dem Ausweichpflichtigen aus irgendeinem Grund so nahe gekommen, dass ein Zusammenstoß durch Manöver des letzteren allein nicht vermieden werden kann,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

so muss der Kurshalter so manövrieren, wie es zur Vermeidung eines Zusammenstoßes am dienlichsten ist.

(c) Ein Maschinenfahrzeug, das bei kreuzenden Kursen nach Buchstabe a Ziffer ii manövriert, um einen Zusammenstoß mit einem anderen Maschinenfahrzeug zu vermeiden, darf seinen Kurs, sofern die Umstände es zulassen, gegenüber einem Fahrzeug an seiner Backbordseite nicht nach Backbord ändern.

(d) Diese Regel befreit das ausweichpflichtige Fahrzeug nicht von seiner Ausweichpflicht.

Sobald ein **Kollisionsrisiko** besteht (und in Zweifelsfällen, vgl. Regel 7(a) Satz 2), gilt für ein Fahrzeug, das nicht ausweichpflichtig ist, Folgendes (vgl. Abb. 9.5.6):

1. Phase: Es **muss** Kurs und Geschwindigkeit beibehalten (Regel 17(a)(i)).
2. Phase: Es **darf** selbst Manöver zur Vermeidung der Kollision ausführen (Regel 17(a)(ii)).
3. Phase: Es **muss** Manöver zur Vermeidung der Kollision ausführen (Regel 17(b) oder Regel 2(a)).

Manöver sind in der ersten Phase denkbar, wenn die Voraussetzungen aus Regel 2(b) vorliegen; beim Ansteuern einer Lotsenstation oder eines Ankergebietes (und in ähnlichen, offensichtlichen Fällen) darf das Merkmal „unmittelbare“ Gefahr der Regel nicht eng ausgelegt werden.

Die zweite Phase beginnt, sobald „klar“ wird, dass der Ausweichpflichtige nicht oder nicht angemessen handelt. Diese notwendige Klarheit verschafft sich der Kurshalter normalerweise durch fünf kurze Töne mit der Pfeife (Regel 35(d)) und die Feststellung, dass der Ausweichpflichtige darauf nicht reagiert; das dort als Ergänzung genannte Sichtsignal (praktisch mit der ALDIS-Lampe), wird richtigerweise auch allein gegeben, wenn das Pfeifensignal vom Ausweichpflichtigen noch nicht gehört werden kann. Nachts ist das Lichtsignal in jedem Fall wirkungsvoller. Ein Kurshalter sollte sein Recht wahrnehmen und ein nach Buchstabe (a)(ii) erlaubtes Manöver ausführen. – Buchstabe (c) verbietet für den Normalfall der Regel 15 eine Kursänderung des Kurshalters nach Backbord.

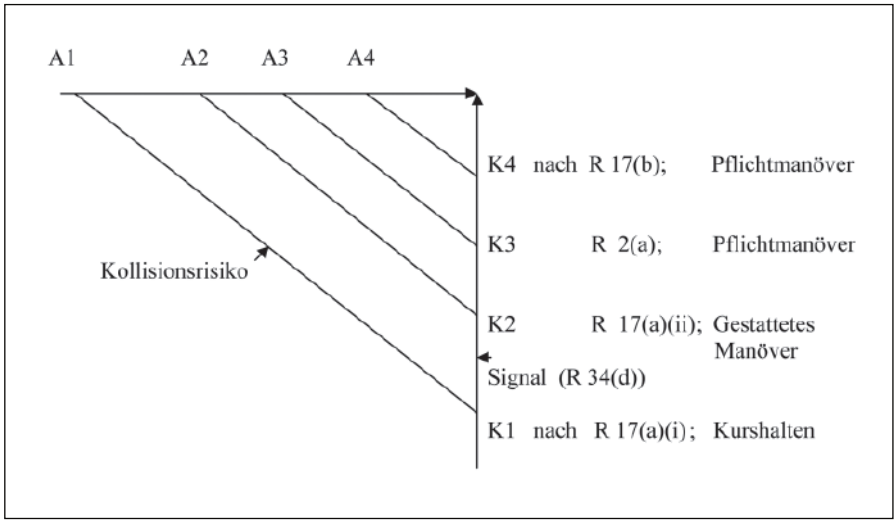


Abb. 9.5.6: Pflichten und Recht des Kurshalters

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

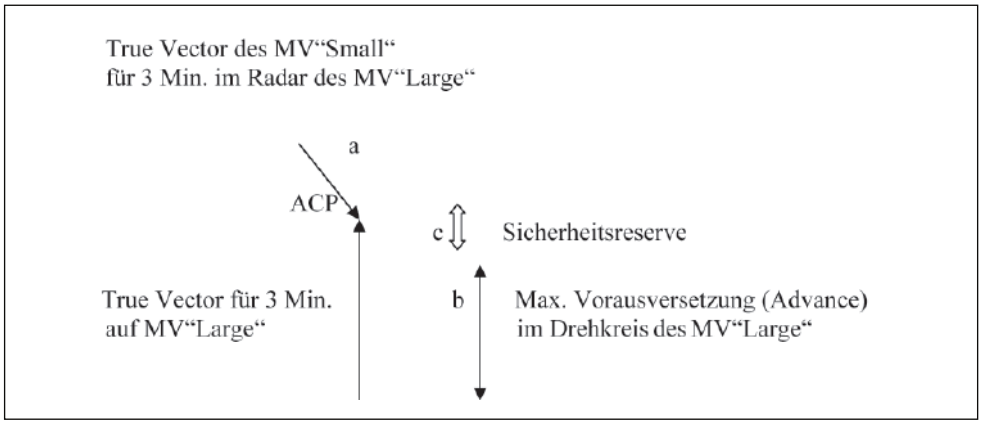


Abb. 9.5.7: Handlungspflicht „großer” Kurshalter (Regel 2(a))

Die dritte Phase (Handlungspflicht des Kurshalters) beginnt nach dem Wortlaut des Gesetzes erst, sobald der Ausweichpflichtige allein eine Kollision nicht mehr verhindern kann. Mit Zunahme der Schiffsgrößen gibt es aber immer mehr Fälle, in denen eine Handlungspflicht schon vor diesem in Buchstabe (b) genannten Zeitpunkt besteht. Diese Pflicht ergibt sich aus Regel 2(a): Der Kurshalter muss spätestens dann handeln, wenn er eine Kollision auch allein eben noch verhindern kann. Abb. 9.5.7 zeigt mit Hilfe der wahren Vektoren, in welchem Abstand ein Kurshalter MV *Large* hart nach Steuerbord gehen muss, wenn er für eine Kursänderung von 110° drei Minuten benötigt. Ohne Einsatz von Vektoren ergibt sich der Abstand, bei dem die Handlungspflicht aus Regel 2(a) spätestens beginnt, als Summe von

1) eigener maximaler **Vorausversetzung b** (im ersten Teil des Drehkreises),
2) **Weg a** (den der Ausweichpflichtige in dieser Zeit abläuft) und
3) eingeplanter **Sicherheitsreserve c** (einschließlich des Abstands Steven/eigene Radarantenne).

Diese Grundüberlegung gilt für den Idealfall einer genau stehenden Peilung; wandert die Seitenpeilung im Uhrzeigersinn aus, so muss der Kurshalter noch früher handeln. – Ist sicher, dass der Ausweichpflichtige eine erfolgreiche Kursänderung nach Steuerbord nicht mehr durchführen kann, so kommt für den Kurshalter auch eine Kursänderung nach Backbord in Betracht.

Regel 18 Verantwortlichkeit der Fahrzeuge untereinander

Sofern in Regeln 9, 10 und 13 nicht etwas anderes bestimmt ist, gilt Folgendes:

(a) Ein Maschinenfahrzeug in Fahrt muss ausweichen

(i) einem manövrierunfähigen Fahrzeug;

(ii) einem manövrierbehinderten Fahrzeug;

(iii) einem fischenden Fahrzeug;

(iv) einem Segelfahrzeug.

(b) Ein Segelfahrzeug in Fahrt muss ausweichen

(i) einem manövrierunfähigen Fahrzeug;

(ii) einem manövrierbehinderten Fahrzeug;

(iii) einem fischenden Fahrzeug.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(c) Ein fischendes Fahrzeug in Fahrt muss, soweit möglich, ausweichen

(i) einem manövrierunfähigen Fahrzeug;

(ii) einem manövrierbehinderten Fahrzeug.

(d)

(i) Jedes Fahrzeug mit Ausnahme eines manövrierunfähigen oder manövrierbehinderten muss, sofern die Umstände es zulassen, vermeiden, die sichere Durchfahrt eines tiefgangbehinderten Fahrzeugs zu behindern, das Signale nach Regel 28 zeigt.

(ii) Ein tiefgangbehindertes Fahrzeug muss unter Berücksichtigung seines besonderen Zustands mit besonderer Vorsicht navigieren.

(e) Ein Wasserflugzeug auf dem Wasser muss sich in der Regel von allen Fahrzeugen gut klar halten und vermeiden, deren Manöver zu behindern. Sobald jedoch die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss es die Regeln dieses Teiles befolgen.

(f)

(i) Ein Bodeneffektfahrzeug muss sich bei Start, Landung und oberflächennahem Flug von allen Fahrzeugen gut klar halten und vermeiden, deren Manöver zu behindern;

(ii) ein Bodeneffektfahrzeug, das auf der Wasseroberfläche betrieben wird, muss die Regeln dieses Teiles für Maschinenfahrzeuge erfüllen.

Die Buchstaben (a), (b) und (c) der Regel 18 enthalten **Ausweichregeln**; sie treten für Überholfälle hinter Regel 13 zurück und setzen jeweils ungeschrieben ein Kollisionsrisiko voraus. Der Begriff „Maschinenfahrzeug“ in Buchstabe (a) umfasst nicht die manövrierunfähigen, manövrierbehinderten und fischenden Fahrzeuge mit Maschinenantrieb.

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass auch manövrierunfähige und manövrierbehinderte Fahrzeuge mit Fahrt durchs Wasser einen Rest von Manövrierfähigkeit haben; untereinander gelten für sie die Ausweichregeln 13, 14 und 15. Auch für fischende Fahrzeuge untereinander und zwischen tiefgangbehinderten Fahrzeugen gelten grundsätzlich die Ausweichregeln.

Die in den Buchstaben (d), (e) und (f) normierten **Behinderungsverbote** greifen – wie auch andere Behinderungsverbote – schon vor Eintritt eines Kollisionsrisikos und gelten nach diesem Zeitpunkt fort (Regel 8 (f) (i) und (ii)). Die Behinderungsverbote verlieren ihre Bedeutung in den Fällen, in denen der Handlungspflichtige mit Eintritt des Kollisionsrisikos sogar zum Ausweichpflichtigen wird (Maschinenfahrzeug M kreuzt den Kurs eines von Steuerbord kommenden tiefgangbehinderten Fahrzeugs T).

9.6 Verhalten von Fahrzeugen bei verminderter Sicht (Regel 19 KVR)

Abschnitt III

Verhalten von Fahrzeugen bei verminderter Sicht

Regel 19 Verhalten von Fahrzeugen bei verminderter Sicht

(a) Diese Regel gilt für Fahrzeuge, die einander nicht in Sicht haben, wenn sie in einem Gebiet oder in der Nähe eines Gebiets mit verminderter Sicht fahren.

(b) Jedes Fahrzeug muss mit sicherer Geschwindigkeit fahren, die den gegebenen Umständen und Bedingungen der verminderten Sicht angepasst ist. Ein Maschinenfahrzeug muss seine Maschinen für ein sofortiges Manöver bereithalten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(c) Jedes Fahrzeug muss bei der Befolgung der Regeln des Abschnitts I die gegebenen Umstände und Bedingungen der verminderten Sicht gehörig berücksichtigen.

(d) Ein Fahrzeug, das ein anderes lediglich mit Radar ortet, muss ermitteln, ob sich eine Nahbereichslage entwickelt und/oder die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht. Ist dies der Fall, so muss es frühzeitig Gegenmaßnahmen treffen; ändert es deshalb seinen Kurs, so muss es nach Möglichkeit folgendes vermeiden:

(i) eine Kursänderung nach Backbord gegenüber einem Fahrzeug vorlicher als querab, außer beim Überholen;

(ii) eine Kursänderung auf ein Fahrzeug zu, das querab oder achterlicher als querab ist.

(e) Außer nach einer Feststellung, dass keine Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, muss jedes Fahrzeug, das anscheinend vorlicher als querab ein anderes Fahrzeug hört oder das eine Nahbereichslage mit einem anderen Fahrzeug vorlicher als querab nicht vermeiden kann, seine Fahrt auf das für die Erhaltung der Steuerfähigkeit geringstmögliche Maß vermindern. Erforderlichenfalls muss es jegliche Fahrt wegnehmen und in jedem Fall mit äußerster Vorsicht manövrieren, bis die Gefahr eines Zusammenstoßes vorüber ist.

Regel 19(a) setzt voraus: erstens **„eingeschränkte“ Sicht** (zu ihr Regel 3(l)) oder die Nähe eines Gebietes mit „eingeschränkter“ Sicht sowie zweitens ein anderes Fahrzeug, das **nicht „in Sicht“** (dazu Regel 3(k)) ist. Kann man ein anderes Fahrzeug also trotz Nebels sehen, gilt Regel 19 im Verhältnis zu diesem Fahrzeug nicht/nicht mehr. Die Buchstaben (b) und (c) gelten auch dann, wenn sich im Seegebiet tatsächlich kein anderes Fahrzeug befindet.

Die allgemeine Pflicht, mit sicherer Geschwindigkeit zu fahren (Regel 6) hat für die Nebelfahrt eine herausragende Bedeutung. Daher wird diese Pflicht in Regel 19(b) nicht nur wiederholt, sie wird auch in einem Punkt konkretisiert: ein Maschinenfahrzeug muss zu **sofortigen** Maschinenmanövern bereit sein. Das bedeutet für die Mehrheit der Fahrzeuge eine Reduzierung der Geschwindigkeit, das Fahren mit Manöver-VV. Eine Ausnahme wird anzuerkennen sein, wenn von jedem Objekt im Seegebiet rechtzeitig Radar- oder AIS-Informationen vorliegen, um Maschinenmanöver einzuleiten oder den Nahbereich durch eine Kursänderung mit Sicherheit zu vermeiden.

Für zwei typische Situationen lässt sich die sichere Geschwindigkeit genauer beschreiben, für die „Fallgruppe Orten“ (Fahren nach Radarsicht) und die „Fallgruppe Sichten“ (Fahren nach Sicht). In der **Fallgruppe Orten** wird jedes Objekt vor dem Sichten zwar geortet, das Vermeiden des Nahbereichs durch eine Kursänderung wäre jedoch nicht mehr möglich. Hier muss ein Fahrzeug auf „halbe Radarsichtweite“ aufgestoppt werden können; Radarsichtweite ist dabei die Distanz, auf welche auch das Objekt mit den schlechtesten Reflektionseigenschaften im Seegebiet spätestens erfasst wird. Ist die Radarsichtweite z. B. 2 sm, so lässt sich der Nahbereich nicht mehr vermeiden; die Stoppstrecke darf höchstens 1 sm betragen, das wohl sehr kleine Objekt wird die restliche Seemeile nach dem Hören des Nebelsignals zum Aufstoppen nur teilweise benötigen. – In der **Fallgruppe Sichten** können Objekte in Sicht kommen, ohne von ihnen vorher Informationen durch Radar oder AIS erhalten zu haben. Hier ist die Geschwindigkeit sicher, die es nach dem Sichten noch erlaubt, eine Kollision durch Kursänderung zu vermeiden oder, wenn Raum für eine solche Kursänderung fehlt, auf halbe Sichtweite aufzustoppen (*Half Distance Rule*). – Es gibt zwei Wetterlagen, für welche sich nicht allgemein sagen lässt, welche Geschwindigkeit sicher ist; es sind Fälle mit sehr starkem Niederschlag und solche mit starken Seegangsechos in Seegebieten, in denen sich auch kleine Fahrzeuge aufhalten können.

Fahrzeuge ohne Radar- oder AIS-Informationen müssen sich an der Tragweite von Nebelsignalen orientieren. Als Anhaltspunkt für diese Fahrzeuge kann alte Rechtsprechung dienen; sie führt dann wohl zu einer Geschwindigkeit zwischen 4 und 8 Knoten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Die Buchstaben (d) und (e) bestimmen die Rechtsfolgen (Handlungspflichten) für vier Tatbestände (Situationen):

Situation	Pflicht
19(d)S.1: Ein Objekt wird nur „geortet".	Feststellen, ob sich eine Nahbereichslage entwickelt!
19(d)S.2: Man stellt fest, dass sich eine Nahbereichslage entwickelt.	Nahbereichslage/Situation nach 19(e)S.1 vermeiden!
19(e)S.1: 1. Alternative: Vorlicher als quer wird ein Nebelsignal gehört, oder 2. Alternative: eine Nahbereichslage mit einem Fahrzeug vorlicher als quer ist nicht vermeidbar.	Kurs beibehalten und mit der Fahrt an die Grenze der Steuerfähigkeit gehen! (**Ausnahme** für beide Alternativen: Es besteht kein Kollisionsrisiko.)
19(e)S.2: Das Fahren an der Grenze der Steuerfähigkeit ist noch zu schnell.	Schiff aufstoppen! – Dann mit äußerster Vorsicht manövrieren!

„Orten" im Sinne der Regel 19(d)S.1 ist das Erkennen eines Objekts auf dem Radarschirm (wohl auch mit Hilfe von AIS), sobald man Peilung und Abstand genommen hat. Um festzustellen, ob sich eine Nahbereichslage entwickelt, wird im Normalfall die ARPA-Funktion des Radargerätes benutzt; dabei sind dessen Genauigkeitsgrenzen zu beachten. Die KVR verwenden in Regel 7(b) statt ARPA noch die Formulierung „ein (dem Plotten) gleichwertiges Verfahren". – Ist man auf das **„Plotten"** auf dem Radarschirm angewiesen, dann muss der Plott folgende Bedingungen erfüllen: Mindestens drei Ortungen, in gleichen Zeitintervallen genommen; die Ortungen müssen in einer Linie und in gleichen Abständen voneinander liegen; Kurs und Geschwindigkeit dürfen auf dem eigenen Fahrzeug nicht geändert worden sein und der gefundene Vektor muss so lang sein, dass er auswertbar ist. Damit ist das in Regel 7(b) geforderte Plotten beschrieben; der Gesetzgeber versteht darunter also nur den ersten Schritt des „Radarzeichnens".

Buchstabe (d) Satz 1 macht deutlich, dass **„Nahbereichslage"** und Kollisionsrisiko/*risk of collision* praktisch gleichzusetzen sind. Schwierig ist es, die Ausdehnung des **Nahbereichs** zu bestimmen. Für das Gebiet vorlicher als quer macht es keinen Sinn, die Ausdehnung mit weniger als 1,5 sm anzunehmen, denn so weit sind die Nebelsignale der meisten Fahrzeuge zu hören und man müsste auch aus diesem Grund an die Grenze der Steuerfähigkeit gehen (Buchstabe (e) Satz 1, 1. Alternative). – Ein solcher Nahbereich von 1,5 sm wäre jedoch in vielen Fällen zu klein, der Nahbereich muss daher abhängig von der jeweiligen Situation festgelegt werden. Das möge mit folgendem Beispiel deutlich gemacht werden: Das eigene Schiff A (Länge 180 m) und der Gegenkommer B laufen beide 15 kn. Die eigene Stoppstrecke beträgt acht Schiffslängen (0,8 sm), die Stoppstrecke von B muss geschätzt werden (0,8 sm). Gibt man eine Schiffslänge für die Distanz Steven-Radarantenne auf A (0,1 sm) und nur 0,3 sm als Sicherheit hinzu, so beträgt die Ausdehnung des Nahbereichs nach voraus 2,0 sm. In Gerichtsentscheidungen wird häufig eine Ausdehnung des Nahbereichs von 2 sm oder mehr erörtert.

Entwickelt sich eine Nahbereichslage, müssen grundsätzlich beide Fahrzeuge handeln, denn keines kann sicher sein, dass es vom anderen geortet wurde. In der Praxis handelt ein „überholendes" Fahrzeug jedoch allein, da die Ausdehnung des Nahbereich nach achteraus deutlich kleiner angenommen wird als für den Vorausbereich. Dies führt in Abb. 9.6.1 zu der logisch überraschenden Konsequenz, dass im Verhältnis zwischen „A" und „B" nur für „B" eine Nahbereichslage besteht, nicht aber für „A". Dieses vernünftige Ergebnis ist es wohl, das gelegentlich zu dem Vorwurf führt, die Nautiker würden im Nebel die Überholvorschrift für Fahrzeuge in Sicht voneinander (Regel 13) anwenden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

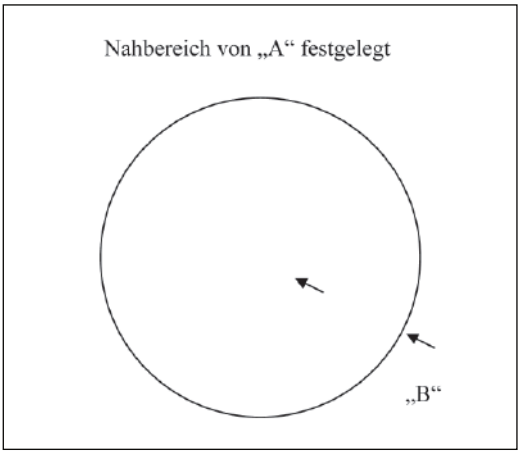


Abb. 9.6.1: Figur des Nahbereichs aus Sicht des Fahrzeugs „A”

Entwickelt sich eine Nahbereichslage, dann müssen beide Fahrzeuge „Gegenmaßnahmen“ ergreifen. Dabei sind bestimmte Kursänderungen verboten (Buchstabe (d) Satz 2). Ob eine gewünschte **navigatorische** Kursänderung unter dieses Verbot fällt, kann nur im Einzelfall entschieden werden, und zwar ähnlich wie bei der *long range rule* (zu ihr vgl. die Kommentierung von Regel 2(a) in Kapitel 9.3).

Ein Fahrzeug X auf Nordkurs, dessen Kurs im freien Seeraum von einem Fahrzeug Y mit Ostkurs etwa rechtwinklig gekreuzt wird, darf die Nahbereichslage nicht durch eine Kursänderung nach Backbord vermeiden. Mit einer Kursänderung nach Osten auf Parallelkurs ist die Situation nicht überzeugend zu klären; eine Fahrtreduzierung wäre nicht schnell zu erkennen und würde auch eine Kursänderung des „Y“ nach Süden beeinträchtigen. Da diese Probleme auf beiden Fahrzeugen bekannt sind, wird „Y“ sehr „rechtzeitig“ (Regel 8(a)) handeln, sodass „X“ nicht mehr handeln muss. So entsteht auch hier der falsche Eindruck, „X“ und „Y“ würden nach Klarsichtregeln handeln (hier nach Regel 15/kreuzende Kurse).

Regel 19 gilt auch im Bereich von **Verkehrstrennungsgebieten**; das Einlaufen in eine Küstenverkehrszone zur Vermeidung einer Nahbereichslage ist also grundsätzlich richtig, wenn sich dadurch eine Nahbereichslage mit Dritten (Fahrzeugen in dieser Zone) nicht entwickelt. Beim Überholen im Einbahnweg handelt die Praxis so, dass man bewusst in den Nahbereich/„Hörbereich“ des Vordermanns läuft, um sich dort darauf zu berufen, dass ein Kollisionsrisiko nicht besteht (Buchstabe (e) am Anfang).

Buchstabe (e) Satz 1 nennt zwei Situationen, in denen die **Fahrt an die Grenze der Steuerfähigkeit** zu reduzieren ist:

Das ist zum einen gefordert, wenn eine Nahbereichslage mit einem Fahrzeug vorlicher als quer nicht mehr vermieden werden kann. Die Fahrtreduzierung muss entschlossen und durchgreifend erfolgen und darf gemäß Regel 2(a) durch das Signal angezeigt werden, das für Fahrzeuge in Sicht voneinander vorgesehen ist (drei kurze Töne mit der Pfeife/„Ich arbeite rückwärts“); die Grenze der Steuerfähigkeit soll möglichst an der Grenze des Nahbereichs erreicht sein. – An der Grenze der Steuerfähigkeit muss nach Buchstabe (e) Satz 1 auch gegangen werden, wenn man vorlicher als quer das Nebelsignal eines anderen Fahrzeugs hört; auf den Abstand zum anderen Fahrzeug kommt es nicht an, das Bestehen einer Nahbereichslage ist hier immer zu bejahen. – Die Praxis zeigt, dass Kursänderungen im Nahbereich häufig zu Kollisionen führen; sie sind daher nach allgemeiner seemännischer Praxis (Regel 2(a)) grundsätzlich verboten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Eine Pflicht, „mit besonderer Vorsicht“ zu manövrieren, ergibt sich auch aus Satz 2, denn er gilt „in jedem Fall“/in beiden Sätzen des Buchstaben (e).

Buchstabe (e) Satz 2 befasst sich mit dem Fall, dass eine Geschwindigkeit an der Grenze der Steuerfähigkeit – etwa 3 bis 4 Knoten – noch zu hoch ist. Jetzt besteht nicht nur ein Kollisionsrisiko, sondern eine **Kollisionsgefahr (*danger of collision*;** zu den Begriffen siehe Kap. 9.4 zu Regel 7), es ist „erforderlich“ **aufzustoppen**. Auch hier kann ein Maschinenmanöver durch Pfeifensignal angezeigt werden; das treibende Maschinenfahrzeug gibt das Nebelsignal der Regel 35(a). Nun muss mit äußerster Vorsicht „manövriert“ werden, Kursänderungen sind dabei grundsätzlich verboten. Kursänderungen, die zur Abwendung einer Kollision notwendig sind, werden gemäß Regel 2(a) durch Kursänderungssignale für Klarsichtsituationen (Regel 34(a)) angezeigt.

9.7 Sichtzeichen und Schallsignale der KVR (Auszug)

A. Symbole

Ein langer Ton mit der Pfeife

Ein kurzer Ton mit der Pfeife

5 Sekunden rasches Schlagen eines Gongs

5 Sekunden rasches Läuten mit der Glocke

Funkellicht (Rundumlicht)

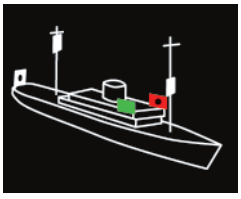
Einzelschlag mit der Glocke

Festes Rundumlicht

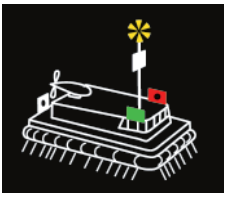
Festes Sektorenlicht (aus Blickwinkel sichtbar)

Festes Sektorenlicht (aus Blickwinkel nicht sichtbar)

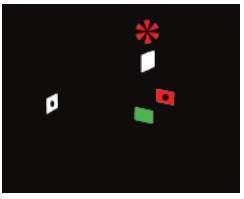
B. Lichter und Signalkörper der Fahrzeuge (Regel 20 bis 30)



Maschinenfahrzeug von 50 m Länge (darunter: achteres Topplicht wahlweise); Regel 23(a)

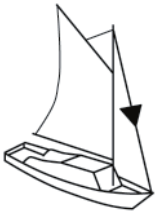


Luftkissenfahrzeug; Regel 23(b)

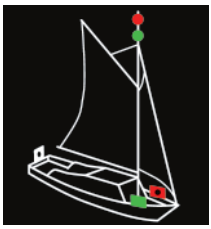


Bodeneffektfahrzeug (BEF); Regel 23(c)

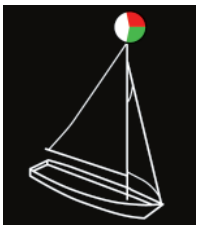
Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt



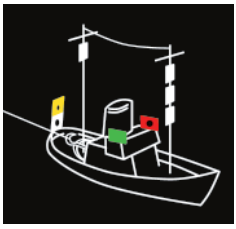
Maschinenfahrzeug unter Segel; Regel 25(e)



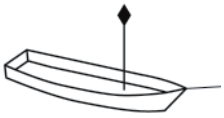
Segelfahrzeug (Lichter im Topp wahlweise); Regel 25(a), (c)



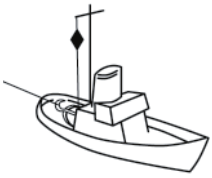
Segelfahrzeug unter 20 m Länge wahlweise; Regel 25(b)



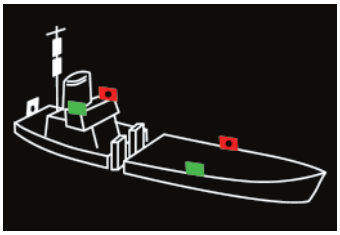
Schlepper (unter 50 m Länge; Verband Heck/Heck länger als 200 m); Regel 24(a), (d)



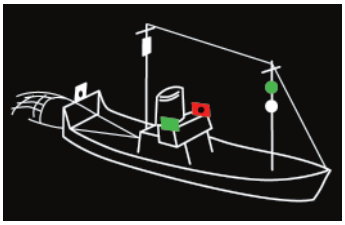
Anhang; Regel 24(e)



Schleppverband (Heck/Heck länger als 200 m); Regel 24(a)

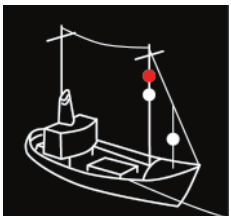


Schubverband nicht starr verbunden, (Schubboot unter 50 m Länge; sonst auch achteres Topplicht); Regel 24(f)

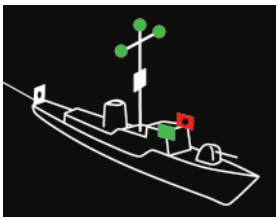


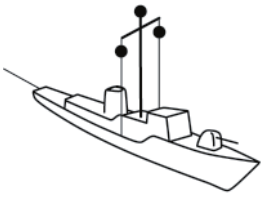
Trawler mit Fahrt durchs Wasser (sonst keine Seitenlichter, kein Hecklicht); Regel 26(b)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

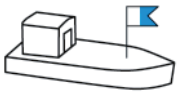


Nichttrawler ohne Fahrt durchs Wasser, Netz mehr als 150 m waagerecht im Wasser; Regel 26(c)

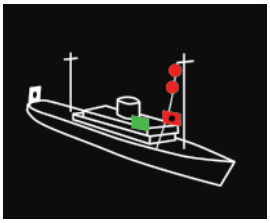




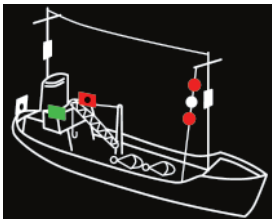
Minenräumer; Regel 27(f)



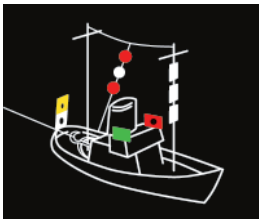
Behindert durch Unterwasserarbeiten; Regel 27(e)



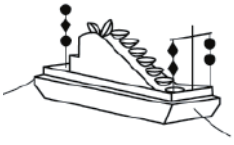
Manövrierunfähiger; nachts, mit Fahrt durchs Wasser (sonst nur die roten Rundumlichter); Regel 27(a)

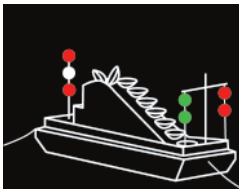


Manövrierbehinderter; nachts mit Fahrt durchs Wasser (sonst nur die drei Rundumlichter); Regel 27(b)



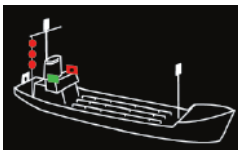
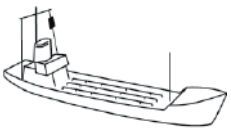
Schlepper, manövrierbehindert, Länge unter 50 m; Verband (Heck/Heck) länger als 200 m; Regel 24(a)



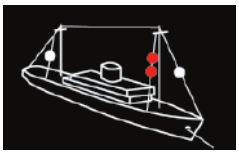
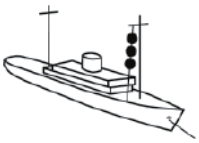


Manövrierbehinderter beim Baggern/bei Unterwasserarbeiten mit seitlicher Behinderung (Passierseite Grün über Grün/zwei Rhomben übereinander); Regel 27(d)

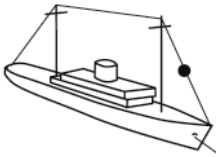
Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

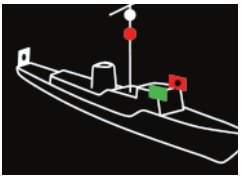
Tiefgangbehinderter; Regel 28

Grundsitzer; Regel 30(d)



Ankerlieger (Länge 50 m oder mehr; darunter genügt ein Ankerlicht); Regel 30(a)-(c)



Fahrzeug im Lotsdienst, in Fahrt; Regel 29

C. Manöver und Warnsignale (Regel 34)

●	„Ich ändere meinen Kurs nach Steuerbord“; Regel 34(a)
●●	„Ich ändere meinen Kurs nach Backbord“; Regel 34(a)
●●●	„Ich arbeite rückwärts“; Regel 34(a)
●●●●●	Aufmerksamkeitssignal („Husten“); Regel 34(d)
●●▬	„Sie begeben sich in Gefahr“; Regel 36 und 35(h) i. V. m. ISB

Die genannten Signale können durch ein entsprechendes Lichtsignal (Blitze) ergänzt werden.

▬▬●	„Ich beabsichtige, an Steuerbord zu überholen“; Regel 34(c)
▬▬●●	„Ich beabsichtige, an Backbord zu überholen“; Regel 34(c)
▬●▬●	Einverständnis des Vordermanns mit Überholwunsch; Regel 34(c)
▬	Achtungssignal und Antwort auf Achtungssignal; Regel 34(e)

D. Nebelsignale (Regel 35)

▬	Maschinenfahrzeug mit Fahrt durchs Wasser; Regel 35(a)
▬ ▬	Maschinenfahrzeug in Fahrt ohne Fahrt durch Wasser; Regel 35(b)
▬●●	Manövrierunfähige, Manövrierbehinderte (auch vor Anker), Segelfahrzeuge, Tiefgangbehinderte, Fischer (auch vor Anker), schleppende und schiebende Fahrzeuge; Regel 35(c), (d)
▬●●●	einziges und letztes geschlepptes Fahrzeug, falls bemannt; Regel 35(e)
●●●●	Zusatzsignal eines Fahrzeugs im Lotsdienst; Regel 35(k)
	Ankerlieger (100 m Länge oder mehr; darunter ohne Gongsignal); Regel 35(g)
●▬●	Zusätzliches Aufmerksamkeitssignal eines Ankerliegers; Regel 35(g)
	Grundsitzer (100 m Länge oder mehr; darunter ohne Gong); Regel 35(h)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

9.8 Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO)

Hier und im Kapitel 9.9 werden Teile der SeeSchStrO wiedergegeben und erläutert. Der volle Text ist an Bord mitzuführen.

A. Allgemeines (§§ 1 bis 4 SeeSchStrO)

§ 1 Geltungsbereich

(1) Die Verordnung gilt auf den Seeschifffahrtsstraßen mit Ausnahme der Emsmündung, die im Osten durch eine Verbindungslinie zwischen ... begrenzt wird. Seeschifffahrtsstraßen im Sinne dieser Verordnung sind

1. die Wasserflächen zwischen der Küstenlinie bei mittlerem Hochwasser oder der seewärtigen Begrenzung der Binnenwasserstraßen und einer Linie von drei Seemeilen Abstand seewärts der Basislinie,

2. die durchgehend durch Sichtzeichen B. 11 der Anlage I begrenzten Wasserflächen der seewärtigen Teile der Fahrwasser im Küstenmeer.

Darüber hinaus sind Seeschifffahrtsstraßen im Sinne dieser Verordnung die Wasserflächen zwischen den Ufern der nachstehend bezeichneten Teile der angrenzenden Binnenwasserstraßen:

Nr. 3. ... Nr. 21.

(2) Auf den Wasserflächen zwischen der seewärtigen Begrenzung im Sinne des Absatzes 1 Satz 2 und der seewärtigen Begrenzung des Küstenmeeres sind lediglich § 2 Abs. 1 Nr. 3, Nr. 13 Buchstabe b, Nr. 22 bis 25 und 27, die §§ 3, 4, 5, 7 und § 32 Abs. 3, § 35 Abs. 1 und 2 sowie die §§ 55 bis 61 anzuwenden.

(3) Die Verordnung gilt im Bereich der Seeschifffahrtsstraßen auch auf den bundeseigenen Schifffahrtsanlagen, den dem Verkehr auf den Bundeswasserstraßen dienenden Grundstücken und in den öffentlichen bundeseigenen Häfen.

(4) Im Geltungsbereich dieser Verordnung gelten die Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See – Kollisionsverhütungsregeln ... in der jeweils für die Bundesrepublik Deutschland geltenden Fassung, soweit diese Verordnung nicht ausdrücklich etwas anderes bestimmt.

(5) Die Wasserflächen und Seegebiete, die vom Geltungsbereich dieser Verordnung (§ 1 Abs. 1 bis 3) erfasst werden, sind aus der als Anlage III zu dieser Verordnung beigefügten Karte ersichtlich. (Anm.: siehe Bild 5.1.15)

Im Geltungsbereich der SeeSchStrO werden Regeln der KVR verdrängt, sofern die SeeSchStrO speziellere Regelungen enthält (Abs. 4). Wegen eines ungeklärten Grenzverlaufs gelten für die Emsmündung – mit den Niederlanden abgestimmte – eigene, besondere Vorschriften (Abs. 1 S. 1), und zwar die Verordnung zur Einführung der Schifffahrtsordnung Emsmündung (EmsSchEV) und die Schifffahrtsordnung Emsmündung. Die SeeSchStrO wird ergänzt durch Bekanntmachungen der Wasserschifffahrtsdirektionen Nord und Nordwest zur SeeSchStrO und durch Regelungen für das Befahren von Naturschutz- und Sperrgebieten. Für Häfen, die nicht zu den Seeschifffahrtsstraßen gehören, gelten eigene Gesetze; diese verweisen aber umfangreich auf SeeSchStrO und KVR.

Abb. 9.8.1 zeigt den Geltungsbereich der SeeSchStrO. Er liegt grundsätzlich innerhalb der ehemaligen Hoheitsgrenze von maximal 3 sm (Abs. 1 S. 2 Nr. 1, schwarze Linie), erweitert an den Stellen, an denen betonnte Fahrwasser über die 3 sm-Grenze hinausgehen (Abs. 1 S. 2 Nr. 2); maßgeblich für diese „Boxen“ ist jeweils das erste Tonnenpaar, nicht eine Ansteuerungstonne. Abs. 1 S. 3 beschreibt, welche Teile der „Binnenwasserstraßen“ Seeschifffahrtsstraßen sind (in Abb. 9.8.1 satt rot). – Jenseits der 3 sm-Grenze und der „Boxen“ liegt das „übrige

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abb. 9.8.1: Geltungsbereich der SeeSchStrO (Anlage III zu § 11 Abs. 5)

Küstenmeer“, es endet an der Hoheitsgrenze (rote Linie, maximal 12 sm seewärts der Basislinien). In ihm gelten nur die in Abs. 2 genannten Vorschriften zu Reeden, Wegerechtschiffen, Maritimer Verkehrssicherung, Verantwortlichkeit, Schifffahrtszeichen, Fahrzeugen des öffentlichen Dienstes, zum Ankern, zum Verhalten gegenüber Fahrzeugen, die „bestimmte gefährliche Güter“ befördern sowie für Maßnahmen der Schifffahrtspolizei.

§ 2 Begriffsbestimmungen

(1) Für diese Verordnung gelten die Begriffsbestimmungen der Regeln 3, 21 und 32 der Kollisionsverhütungsregeln; im übrigen sind im Sinne dieser Verordnung:

1. Fahrwasser

die Teile der Wasserflächen, die durch die Sichtzeichen B.11 und B.13 der Anlage I begrenzt oder gekennzeichnet sind oder die, soweit dies nicht der Fall ist, auf den Binnenwasserstraßen für die durchgehende Schifffahrt bestimmt sind; die Fahrwasser gelten als enge Fahrwasser im Sinne der Kollisionsverhütungsregeln;

Nr. 2 bis Nr. 7 geben Definitionen zu folgenden Begriffen: Steuerbordseite des Fahrwassers, Reede, schwimmendes Gerät, schwimmende Anlage, außergewöhnlicher Schwimmkörper, Schleppverband.

7a. Maschinenfahrzeuge mit Schlepperhilfe

ein manövrierfähiges Maschinenfahrzeug mit betriebsklarer Maschine in Fahrt, das sich eines oder mehrerer Schlepper zur Unterstützung bedient (bugsieren); es gilt als ein alleinfahrendes Maschinenfahrzeug im Sinne von Regel 23 Buchstabe a der Kollisionsverhütungsregeln;

8. Schubverbände ..... ;

9. außergewöhnliche Schub- und Schleppverbände

Schub- und Schleppverbände, die die für Seeschifffahrtsstraßen bekanntgemachten Abmessungen nach Länge, Breite oder Tiefgang überschreiten, die die Schifffahrt außergewöhnlich behindern können oder besonderer Rücksicht durch die Schifffahrt bedürfen; sie gelten als manövrierbehinderte Fahrzeuge im Sinne der Regel 3 Buchstabe g der Kollisionsverhütungsregeln;

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

10. außergewöhnlich große Fahrzeuge

Fahrzeuge, die die für eine Seeschifffahrtsstraße nach § 60 Abs.1 bekanntgemachten Abmessungen nach Länge, Breite oder Tiefgang überschreiten.

Die Nummern 10a bis 12 geben Definitionen zu Hochgeschwindigkeitsfahrzeug, Fahrgastschiff und Fähre.

13. Wegerechtschiffe

a) Fahrzeuge mit Ausnahme der auf dem Nord-Ostsee-Kanal befindlichen, die die für eine Seeschifffahrtsstraße nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachten Abmessungen überschreiten oder wegen ihres Tiefgangs, ihrer Länge oder wegen anderer Eigenschaften gezwungen sind, den tiefsten Teil des Fahrwassers für sich in Anspruch zu nehmen,

b) Fahrzeuge im Bereich der Wasserflächen zwischen der seewärtigen Begrenzung im Sinne des § 1 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 und 2 und der seewärtigen Begrenzung des Küstenmeeres, die die nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachten Voraussetzungen erfüllen;

sie gelten als manövrierbehinderte Fahrzeuge im Sinne von Regel 3 Buchstabe g der Kollisionsverhütungsregeln.

Die Nr. 14 bis 21 geben Definitionen zu den Begriffen Binnenschiff, Freifahrer, bestimmte gefährliche Güter, Flammpunkt, Sichtzeichen der Fahrzeuge, Signalkörper der Fahrzeuge, Wassermotorrad und – für den Nord-Ostsee-Kanal – Verkehrsgruppe, Sportfahrzeug, Weichengebiet und Zufahrt.

22. Maritime Verkehrssicherung

die von der Verkehrszentrale zur Verhütung von Kollisionen und Grundberührungen, zur Verkehrsablaufsteuerung oder zur Verhütung der von der Schifffahrt ausgehenden Gefahren für die Meeresumwelt gegebenen Verkehrsinformationen und Verkehrsunterstützungen sowie erlassenen Verfügungen zur Verkehrsregelung und -lenkung;

23. Verkehrsinformationen

nautische Warnnachrichten sowie Mitteilungen der Verkehrszentrale über die Verkehrslage, Fahrwasser- sowie Wetter- und Tidenverhältnisse, die zu festgelegten Zeiten in regelmäßigen Abständen oder auf Anforderung einzelner Schiffe gegeben werden;

24. Verkehrsunterstützung

Hinweise und Warnungen der Verkehrszentrale an die Schifffahrt sowie Empfehlungen im Rahmen einer Schiffsberatung von der Verkehrszentrale aus durch Seelotsen ..., die bei verminderter Sicht, auf Anforderung oder wenn die Verkehrszentrale es auf Grund der Verkehrsbeobachtung für erforderlich hält, gegeben werden und sich entsprechend den Erfordernissen der Verkehrslage, der Fahrwasser- sowie der Wetter- und Tidenverhältnisse auch auf Positionen, Passierzeiten, Kurse, Geschwindigkeiten oder Manöver bestimmter Schiffe erstrecken können;

25. Verkehrsregelungen

schifffahrtspolizeiliche Verfügungen der Verkehrszentrale im Einzelfall, die entsprechend den Erfordernissen der Verkehrslage, der Fahrwasser- sowie der Wetter- und Tidenverhältnisse Regelungen über Vorfahrt, Überholen, Begegnen, Höchst- und Mindestgeschwindigkeiten oder über das Befahren einer Seeschifffahrtsstraße umfassen können;

26. Verkehrslenkung

Maßnahmen der Verkehrszentralen am Nord-Ostsee-Kanal, durch die der Verkehr zum Zwecke der Gefahrenabwehr oder der Verkehrsablaufsteuerung gelenkt wird;

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

27. Verkehrszentralen

die von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eingerichteten Revierzentralen.

Die Nr. 28 definiert den Begriff AIS (Automatisches Schiffsidentifizierungssystem), der Abs. 2 – im Einklang mit Regel 20 KVR – die Begriffe „am Tage“ und „bei Nacht“.

§ 2 Abs. 1 verweist auf die Begriffsbestimmungen der KVR und enthält in den Nr. 1 bis 28 einen langen Katalog eigener Definitionen; einige werden nachstehend erläutert: **Fahrwasser** (Nr. 1) gelten als „enge Fahrwasser“ im Sinne der KVR, für sie gilt also Regel 9 KVR. Fahrwasser sind grundsätzlich durch Tonnen (oder andere Sichtzeichen) begrenzt; insoweit unterscheiden sie sich vorteilhaft vom (undefinierten) „engen Fahrwasser“ der KVR. Wo eine Betonnung fehlt, ist „Fahrwasser“ der Teil der Wasserfläche, der für die durchgehende Schifffahrt bestimmt ist; die Bedeutung dieser offenen Formulierung muss für jede Wasserfläche (und für jede Art von Verkehrsteilnehmern) gesondert bestimmt werden, indem man nach ihrem „Zweck“ für die betroffene Schifffahrt fragt. – Ein Verkehrsweg, der nur durch Mitteltonnen markiert wird, ist kein „Fahrwasser“; er könnte nur eine „Fahrrinne“ nach Regel 9 KVR sein. **Maschinenfahrzeuge mit Schlepperhilfe** (Nr. 7a) sind „in Fahrt“ und manövrierfähig. Sie werden **bugsiert**, also nicht geschleppt. Diese Eigenschaft ist von Bedeutung für die Lichterführung und für das spezielle Nebelsignal. **Außergewöhnliche Schub- und Schleppverbände** (Nr. 9) gelten als „manövrierbehinderte Fahrzeuge“. Sie benötigen für die Fahrt eine schifffahrtspolizeiliche Genehmigung (§ 57); auch Fahrten **Außergewöhnlich großer Fahrzeuge** (Nr. 10) müssen genehmigt werden. Die in Nr. 13 genannten **Wegerechtschiffe** gelten als „manövrierbehinderte Fahrzeuge“ im Sinne der KVR. Buchstabe a betrifft Fahrzeuge, die in einem Fahrwasser den tiefsten Teil in Anspruch nehmen müssen, Buchstabe b Fahrzeuge im „übrigen Küstenmeer“. Die Norm stellt klar, dass es sich nicht um „tiefgangbehinderte“ Fahrzeuge handelt, die nur durch ein Behinderungsverbot geschützt wären (Regel 18(d) KVR). Der Begriff **bestimmte gefährliche Güter** (Nr. 16) ist vom Begriff „Gefährliche Güter“ des IMDG-Code zu unterscheiden.

Das System **Maritime Verkehrssicherung** (Nr. 22 bis 27) wird vom Bund getragen; er bedient sich dazu der Verkehrszentralen (Nr. 27). Diese geben zum einen „Verkehrsinformationen“ (Nr. 22, 23) und „Verkehrsunterstützung“, also Hinweise, Warnungen und – bei verminderter Sicht durch Radarlotsen – „Empfehlungen“ (Nr. 22, 24). Die Verkehrszentralen können auch Maßnahmen zur „Verkehrsregelung“ (Nr. 25) treffen; das geschieht durch polizeiliche „Verfügung“ zum Abwenden einer konkreten Gefahr. Diese Verfügungen gehen den Vorschriften der SeeSchStrO vor (§ 56 Abs. 2) und müssen grundsätzlich befolgt werden. „Verkehrslenkung“ (Nr. 26) ist nur für den Nord-Ostsee-Kanal vorgesehen (s. auch Kap. 11.1).

§ 3 enthält **Grundregeln für das Verhalten im Verkehr** und ist wortgleich mit § 4 (Verantwortlichkeit) der VOKVR (zu dessen Text und Anmerkungen siehe Kap. 9.1; vgl. auch die Anmerkungen zu Regel 2 KVR in Kap. 9.3).

§ 4 Verantwortlichkeit

(1) Der Fahrzeugführer und jeder sonst für die Sicherheit Verantwortliche haben die Vorschriften dieser Verordnung über das Verhalten im Verkehr und über die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Einrichtungen für das Führen und Zeigen der Sichtzeichen und das Geben von Schallsignalen zu befolgen. Auf Binnenschiffen ist neben dem Fahrzeugführer hierfür auch jedes Mitglied der Besatzung verantwortlich, das vorübergehend selbständig den Kurs und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bestimmt.

(2) Verantwortlich ist auch der Seelotse; er hat den Fahrzeugführer oder dessen Vertreter so zu beraten, dass sie die Vorschriften dieser Verordnung befolgen können.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) Bei Schub- und Schleppverbänden ist unbeschadet der Vorschrift des Absatzes 1 der Führer des Verbandes für dessen sichere Führung verantwortlich. Führer des Verbandes ist der Führer des Schleppers oder des Schubschiffes; die Führer der beteiligten Fahrzeuge können vor Antritt der Fahrt auch einen anderen Fahrzeugführer als Führer des Verbandes bestimmen.

(4) Steht der Fahrzeugführer nicht fest und sind mehrere Personen zur Führung des Fahrzeugs berechtigt, so haben sie vor Antritt der Reise zu bestimmen, wer verantwortlicher Fahrzeugführer ist.

(5) Die Verantwortlichkeit anderer Personen, die sich aus dieser Verordnung oder sonstigen Vorschriften ergibt, bleibt unberührt.

Die §§ 5 bis 10 befassen sich mit den Schifffahrtszeichen, also mit Lichtern und Signalen (zu ihnen siehe Kap. 9.9).

B. Fahrregeln und Regeln zum Ruhenden Verkehr (§§ 21 bis 33 SeeSchStrO)

Vierter Abschnitt

Fahrregeln

§ 21 Grundsätze

(1) Die Fahrregeln dieses Abschnittes sowie des siebenten Abschnittes gelten unabhängig von den Sichtverhältnissen. Abweichend von den Regeln 11 und 19 der Kollisionsverhütungsregeln gelten die Regel 13 Buchstabe a und c und Regel 14 Buchstabe a und c der Kollisionsverhütungsregeln im Fahrwasser auch dann, wenn die Fahrzeuge einander nicht in Sicht, aber mittels Radar geortet haben.

(2) Beim Begegnen, Überholen und Vorbeifahren an Fahrzeugen und Anlagen ist ein sicherer Passierabstand nach Regel 8 Buchstabe d der Kollisionsverhütungsregeln einzuhalten.

(3) Im Fahrwasser müssen die Buganker klar zum sofortigen Fallen sein. Dies gilt nicht für Fahrzeuge von weniger als 20 Metern Länge.

Abs. 1 Satz 1 bestimmt, dass die Fahrregeln der §§ 21 bis 31 bei verminderter Sicht auch dann gelten, wenn die Fahrzeuge einander nicht in Sicht haben. – Nach Satz 2 gelten im Fahrwasser die Regel 13 KVR (Überholen) und die Regel 14 (entgegengesetzte Kurse) auch bei verminderter Sicht, sobald die Fahrzeuge einander mit Radar geortet haben; „geortet“ meint hier „festgestellt haben, dass ein Überholen/Begegnen bevorsteht“. Diese Sonderregelung lässt sich mit der technischen Entwicklung der letzten Jahrzehnte und dem System der Maritimen Verkehrssicherung (§ 2 Nr. 22 bis Nr. 25) begründen; sie gilt außerhalb des Fahrwassers nicht. – Praktisch hat die Sonderregelung in Satz 2 kaum Bedeutung: wer die nach KVR einschlägige Regel 19(e) Satz 1 KVR anwendet, wird sich regelmäßig auf dessen Eingangsworte (kein Kollisionsrisiko) berufen können und nicht an die Grenze der Steuerfähigkeit gehen; ein Passieren mit sicherer Geschwindigkeit und sicherem Passierabstand verlangen auch die KVR immer.

Abs. 3 verlangt – wie wohl auch schon Regel 2(a) KVR – dass der Anker klar zum sofortigen Fallen ist, sei es von der Brücke gesteuert, sei es durch Personal auf der Back. Die Berufsschifffahrt wird die Vorschrift auch außerhalb des Fahrwassers anwenden.

§ 22 Ausnahmen vom Rechtsfahrgebot

(1) Abweichend vom Gebot, im Fahrwasser gemäß Regel 9 Buchstabe a der Kollisionsverhütungsregeln soweit wie möglich rechts zu fahren, darf innerhalb von nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachten Fahrwasserabschnitten von allen oder von einzelnen Fahrzeuggruppen links

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

gefahren werden. Nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachte Fahrzeuggruppen haben die einmal gewählte Fahrwasserseite beizubehalten.

(2) Außerhalb des Fahrwassers ist so zu fahren, dass klar erkennbar ist, dass das Fahrwasser nicht benutzt wird.

(3) Auf nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachten Wasserflächen außerhalb des Fahrwassers haben sich alle bekanntgemachten Fahrzeuggruppen an der in ihrer Fahrtrichtung rechts vom Fahrwasser liegenden Seite zu halten.

In den Fällen des Abs. 1 kann beim Begegnen nach Backbord ausgewichen werden, wenn die in § 24 Abs. 3 genannten Voraussetzungen (eindeutige UKW-Absprachen) erfüllt sind. – Abs. 2 und 3 stehen nicht im Zusammenhang mit Überschrift und Abs. 1 der Norm; in Fahrtrichtung rechts vom Fahrwasser muss nur dann gefahren werden, wenn nach § 60 entsprechende Vorschriften erlassen sind; sonst ist nur darauf zu achten (Abs. 2), dass man klar erkennbar außerhalb des Fahrwassers fährt.

§ 23 Überholen

(1) Grundsätzlich muss links überholt werden. Soweit die Umstände des Falles es erfordern, darf rechts überholt werden.

(2) Das überholende Fahrzeug muss unter Beachtung der Regel 9 Buchstabe e und Regel 13 der Kollisionsverhütungsregeln die Fahrt so weit herabsetzen oder einen solchen seitlichen Abstand vom vorausfahrenden Fahrzeug einhalten, dass kein gefährlicher Sog entstehen kann und während des ganzen Überholmanövers jede Gefährdung des Gegenverkehrs ausgeschlossen ist. Das vorausfahrende Fahrzeug muss das Überholen soweit wie möglich erleichtern.

(3) Das Überholen ist verboten

1. in der Nähe von in Fahrt befindlichen, nicht freifahrenden Fähren,

2. an engen Stellen und in unübersichtlichen Krümmungen,

3. vor und innerhalb von Schleusen sowie innerhalb der Schleusenvorhäfen und Zufahrten des Nord-Ostsee-Kanals mit Ausnahme von schwimmenden Geräten im Einsatz,

4. innerhalb von Strecken und zwischen Fahrzeugen, die nach § 60 Abs. 1 bekanntgemacht sind.

(4) Kann in einem Fahrwasser nur unter Mitwirkung des zu überholenden Fahrzeugs sicher überholt werden, so ist das Überholen nur erlaubt, wenn das zu überholende Fahrzeug auf eine entsprechende Anfrage oder Anzeige des überholenden Fahrzeugs hin eindeutig zugestimmt hat. Das überholende Fahrzeug kann abweichend von Regel 9 Buchstabe e Ziffer i der Kollisionsverhütungsregeln seine Absicht über UKW-Sprechfunk dem zu überholenden Fahrzeug mitteilen, wenn ... . Liegen die Voraussetzungen für die Absprache über UKW-Sprechfunk nicht vor, gilt ausschließlich Regel 9 Buchstabe e der Kollisionsverhütungsregeln.

(5) ...

Anders als Abs. 1 enthalten die KVR für „enge Fahrwasser“ kein Gebot, links zu überholen; ist ein „enges Fahrwasser“ aber tatsächlich so genau begrenzt und schmal wie Fahrwasser der SeeSchStrO, dann ergibt sich wegen des Rechtsfahrgebotes der KVR auch im „engen Fahrwasser“ ein Überholverhalten wie nach Abs. 1. – Das nach Satz 2 erlaubte Rechtsüberholen folgt für Fahrzeuge mit geringeren Tiefgängen aus dem Rechtsfahrgebot der Regel 9(a) KVR.

Abs. 2 formuliert die Bedingungen für ein sicheres Überholen. Satz 2 hebt die grundsätzliche **Kurshaltepflicht** des Vordermanns (Regel 17(a)(i) KVR) auf; er muss das Überholmanöver,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

wo notwendig und möglich, unaufgefordert durch eigene Fahrt- und Kursänderungen erleichtern. – Abs. 3 normiert Überholverbote; für Fälle der Nr. 4 sind Schifffahrtszeichen vorgesehen. – Abs. 4 befasst sich mit den Fällen der Regel 9(e) KVR, in denen der Überholer das vorausfahrende Fahrzeug zur Mitwirkung auffordert. Die SeeSchStrO lässt abweichend von Regel 9 KVR – kurz gesagt – auch eine eindeutige Absprache beider Fahrzeuge über UKW-Sprechfunk zu.

§ 24 Begegnen

(1) Beim Begegnen auf entgegengesetzten oder fast entgegengesetzten Kursen im Fahrwasser ist nach Steuerbord auszuweichen.

(2) Das Begegnen ist verboten an Stellen, innerhalb von Strecken und zwischen bestimmten Fahrzeugen, die nach § 60 Abs. 1 bekanntgemacht sind.

(3) ..... .

(4) ..... .

Abs. 1 ist – anders als Regel 14 KVR – nicht auf Maschinenfahrzeuge beschränkt; alle Fahrzeuge im Fahrwasser müssen beim Begegnen nach Steuerbord ausweichen: Dieser Wortlaut passt zwar auch auf Segelfahrzeuge, die sich beim Queren des Fahrwassers begegnen, wegen § 25 Abs. 3 haben sie jedoch nach Regel 12 KVR zu handeln. – Engstellen (Abs. 2) können durch Schifffahrtszeichen gekennzeichnet sein.

§ 25 Vorfahrt der Schifffahrt im Fahrwasser

(1) Die in den nachfolgenden Absätzen enthaltenen Regelungen gelten für Fahrzeuge im Fahrwasser abweichend von der Regel 9 Buchstabe b bis d und den Regeln 15 und 18 Buchstabe a bis c der Kollisionsverhütungsregeln.

(2) Im Fahrwasser haben dem Fahrwasserverlauf folgende Fahrzeuge unabhängig davon, ob sie nur innerhalb des Fahrwassers sicher fahren können, Vorfahrt gegenüber Fahrzeugen, die

1. in das Fahrwasser einlaufen,

2. das Fahrwasser queren,

3. im Fahrwasser drehen,

4. ihre Anker- oder Liegeplätze verlassen.

(3) Sofern Segelfahrzeuge nicht deutlich der Richtung des Fahrwassers folgen, haben sie sich untereinander nach den Kollisionsverhütungsregeln zu verhalten, wenn sie dadurch vorfahrtberechtigte Fahrzeuge nicht gefährden oder behindern.

(4) Fahrzeuge im Fahrwasser haben unabhängig davon, ob sie dem Fahrwasserverlauf folgen, Vorfahrt vor Fahrzeugen, die in dieses Fahrwasser aus einem abzweigenden oder einmündenden Fahrwasser einlaufen.

(5) Nähern sich Fahrzeuge einer Engstelle, die nicht mit Sicherheit hinreichenden Raum für die gleichzeitige Durchfahrt gewährt, oder einer durch das Sichtzeichen A.2 der Anlage I gekennzeichneten Stelle des Fahrwassers von beiden Seiten, so hat Vorfahrt

1. in Tidengewässern und in tidenfreien Gewässern mit Strömung das mit dem Strom fahrende Fahrzeug, bei Stromstillstand das Fahrzeug, das vorher gegen den Strom gefahren ist,

2. in tidefreien Gewässern ohne Strömung das Fahrzeug, das grundsätzlich die Steuerbordseite des Fahrwassers zu benutzen hat.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Das wartepflichtige Fahrzeug muss außerhalb der Engstelle so lange warten, bis das andere Fahrzeug vorbeigefahren ist.

(6) Ein Fahrzeug, das die Vorfahrt zu gewähren hat, muss rechtzeitig durch sein Fahrverhalten erkennen lassen, dass es warten wird. Es darf nur weiterfahren, wenn es übersehen kann, dass die Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird.

§ 25 regelt die **Vorfahrt im Fahrwasser**; weitere Fälle der Vorfahrt sind in § 46 (Schleusen des NOK) normiert; ähnliche Fälle finden sich in den §§ 29 Abs. 2 und 5, § 47 Abs. 2 und § 49 Abs. 3 und 4. Das Rechtsinstitut „Vorfahrt" ergänzt vor allem die Behinderungsverbote der Regel 9 KVR; es schafft Rechtsklarheit, wo Behinderungsverbote zu viele Fragen offen lassen. Die Vorfahrtsregeln gelten auch bei **verminderter Sicht**. Regel 19(e) KVR bleibt dabei von Bedeutung: auch das durch Vorfahrt geschützte Fahrzeug muss erforderlichenfalls an die Grenze der Steuerfähigkeit gehen oder gar aufstoppen.

Vorfahrtsregeln normieren keine „Ausweichpflicht" im Sinne der KVR und führen daher auch nicht zur Kurshaltepflicht des bevorrechtigten Fahrzeugs, weder bei klarer noch bei verminderter Sicht. Selbstverständlich darf das durch eine Vorfahrtsregel geschützte Fahrzeug weder die Vorfahrt „erzwingen" noch sonst Manöver fahren, welche gegen allgemeine Grundsätze des § 3 oder der Regel 2 KVR verstoßen.

§ 25 regelt drei Fallgruppen:

Erstens vier Fälle der Vorfahrt von Fahrzeugen, die im Fahrwasser fahren, dem Fahrwasserverlauf folgen (Abs. 2). Auch kleine Fahrzeuge haben dieses Vorfahrtsrecht. „Queren" umfasst auch das teilweise Queren; gemeint ist ein deutliches Abweichen des Kurses über Grund vom Fahrwasserverlauf. In Einbahnwegen eines Verkehrstrennungsgebietes gibt es keine „Vorfahrt", denn diese Wege sind keine „Fahrwasser". – Zweitens die Vorfahrt von Fahrzeugen, die sich **im Fahrwasser befinden**, ohne ihm zu folgen (Abs. 4), die also z. B. warten oder drehen. – Drittens die Vorfahrt **an Engstellen** (Abs. 5). Für Engstellen unbetonnter Fahrwasser ist die Definition der „Steuerbordseite des Fahrwassers" in § 2 Abs. 1 Nr. 2 von Bedeutung.

Wollen zwei Fahrzeuge jeweils in das Fahrwasser des anderen Fahrzeugs „einlaufen", sich also im Grenzbereich ihrer beiden Fahrwasser treffen, so müssen beide aufeinander Rücksicht nehmen, Seemannsbrauch und die besonderen Umstände des Falles berücksichtigen. – Abs. 6 regelt, wie sich Fahrzeuge zu verhalten haben, um die Vorfahrt zu gewähren: sie müssen grundsätzlich warten; für kleine Fahrzeuge lässt Satz 2 das „Einfädeln" nach rechts zu.

§ 26 Fahrgeschwindigkeit

(1) Jedes Fahrzeug, Wassermotorrad und Segelsurfbrett muss unter Beachtung der Regel 6 der Kollisionsverhütungsregeln mit einer sicheren Geschwindigkeit fahren. Fahrzeuge und Wassermotorräder haben ihre Geschwindigkeit rechtzeitig so weit zu vermindern, wie es erforderlich ist, um Gefährdungen durch Sog oder Wellenschlag zu vermeiden, insbesondere beim Vorbeifahren an

1. Häfen, Schleusen und Sperrwerken,

2. festliegenden Fähren,

3. manövrierunfähigen und festgekommenen Fahrzeugen sowie an manövrierbehinderten Fahrzeugen nach Regel 3 Buchstabe g der Kollisionsverhütungsregeln,

4. schwimmenden Geräten und schwimmenden Anlagen,

5. außergewöhnlichen Schwimmkörpern, die geschleppt werden, sowie

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

6. an Stellen, die durch Sichtzeichen über Geschwindigkeitsbeschränkungen oder durch Flagge „A“ des Internationalen Signalbuches gekennzeichnet sind.

(2) .... . (3) .... . (4) .... . (5) .... .

Die §§ 27 bis 31 befassen sich mit Schleppen und Schieben, Durchfahren von Brücken und Sperrwerken, Fahrtbeschränkungen und Fahrverboten sowie mit Wasserskilaufen, Wassermotorradfahren und Segelsurfen. Der § 30 Abs. 2 Nr. 3 macht klar, dass auch auf dem Revier die **Selbststeueranlage** gebraucht werden darf; in diesen Fällen hat sich ein Rudergänger in der Nähe des Ruders aufzuhalten.

Fünfter Abschnitt

Ruhender Verkehr

§ 32 Ankern

(1) Das Ankern ist im Fahrwasser mit Ausnahme auf den Reeden verboten. Dies gilt nicht für manövrierbehinderte Fahrzeuge nach Regel 3 Buchstabe g Ziffer i) und ii) der Kollisionsverhütungsregeln. Außerhalb des Fahrwassers ist das Ankern auf folgenden Wasserflächen verboten:

1. an engen Stellen und in unübersichtlichen Krümmungen,

2. in einem Umkreis von 300 Metern von schwimmenden Geräten, Wracks und sonstigen Schifffahrtshindernissen und Leitungstrassen sowie von Warnstellen, Kabeln und Rohrleitungen,

3. bei verminderter Sicht in einem Abstand von weniger als 300 Metern von Hochspannungsleitungen,

4. in einem Abstand von 100 Metern vor und hinter Sperrwerken,

5. vor Hafeneinfahrten, Anlegestellen, Schleusen und Sielen sowie in den Zufahrten zum Nord-Ostsee-Kanal,

6. innerhalb von Fähr- und Brückenstrecken sowie

7. an Stellen und innerhalb von Wasserflächen, die nach § 60 Abs. 1 bekanntgemacht sind.

(2) Der Gebrauch des Ankers für Manövrierzwecke gilt nicht als Ankern. Im Bereich der in Absatz 1 Nr. 2 und 4 bezeichneten Wasserflächen ist auch der Gebrauch des Ankers verboten.

(3) Auf den nach § 60 Abs. 1 bekanntgemachten Reeden dürfen nur die Fahrzeuge ankern, denen nach der Zweckbestimmung der Reede das Liegen dort gestattet ist.

(4) .... .

§ 32 enthält überwiegend Klarstellungen zu Pflichten, die sich schon aus den Generalklauseln ergeben. Das Ankerverbot nach Abs. 1 Satz 3 Nr. 2 ist noch nicht beachtet, wenn man den Anker außerhalb des Fahrwassers wirft; das Fahrzeug darf auch beim Schwojen nicht mit dem Heck ins Fahrwasser ragen. Entsprechendes gilt für Fälle der Nr. 2 und Nr. 4. Besonders zu beachten ist die Unterscheidung zwischen „Ankern“ und dem „Gebrauch des Ankers“. Mit dem Verbot in Nr. 2 wird erreicht, dass ein Fahrzeug auch mit Radar geortet werden kann; der Abstand bezieht sich also auf die Lotlinie der Leitung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

§ 33 Anlegen und Festmachen

(1) Die Schifffahrt darf durch das Anlegen und Festmachen nicht beeinträchtigt werden. Hat ein Fahrzeug mit dem Manöver des Anlegens begonnen, hat die übrige Schifffahrt diesen Umstand zu berücksichtigen und mit der gebotenen Vorsicht zu navigieren.

(2) .....

(3) .....

(4) Festgemachte Fahrzeuge dürfen die Schiffsschraube nur drehen

1. probeweise mit der geringstmöglichen Kraft,

2. unmittelbar vor dem Ablegen und

3. wenn andere Fahrzeuge oder Anlagen nicht gefährdet werden.

Sechster Abschnitt

Sonstige Vorschriften

§ 37 Verhalten bei Schiffsunfällen und bei Verlust von Gegenständen

(1) Bei Gefahr des Sinkens ist das Fahrzeug möglichst so weit aus dem Fahrwasser zu schaffen, dass die Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird. Nach einem Zusammenstoß ist hierzu auch der Führer eines beteiligten schwimmfähig gebliebenen Fahrzeugs verpflichtet.

(2) Wird der für die Schifffahrt erforderliche Zustand der Seeschifffahrtsstraße oder die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs durch

1. in der Seeschifffahrtsstraße hilflos treibende, festgekommene, gestrandete oder gesunkene Fahrzeuge, schwimmende Anlagen oder außergewöhnliche Schwimmkörper oder durch andere treibende oder auf Grund geratene Gegenstände oder

2. Schiffsunfälle, Brände oder sonstige Vorkommnisse auf Fahrzeugen, schwimmenden Anlagen oder außergewöhnlichen Schwimmkörpern

beeinträchtigt oder gefährdet, so ist das zuständige Wasser- und Schifffahrtsamt oder die Verkehrszentrale unverzüglich zu unterrichten.

(3) Der Ort des gesunkenen Fahrzeugs ist vom Fahrzeugführer unverzüglich behelfsmäßig zu bezeichnen. Nach einem Zusammenstoß ist hierzu auch der Führer eines beteiligten schwimmfähig gebliebenen Fahrzeugs verpflichtet. Er darf die Fahrt erst nach Genehmigung des zuständigen Wasser- und Schifffahrtsamtes fortsetzen.

(4) Ein festgekommenes Fahrzeug darf seine Maschine zum Freikommen benutzen, es sei denn, dass dies ohne Beschädigung der Seeschifffahrtsstraße einschließlich der Ufer, Strombauwerke und Schifffahrtsanlagen nicht möglich ist oder die Schifffahrt gefährdet wird.

(5) Auf Fahrzeugen, die das Bleib-weg-Signal nach Nummer 2.2 der Anlage II. 2 wahrnehmen, sollen unverzüglich alle erforderlichen Maßnahmen zum Abwenden der drohenden Gefahr ergriffen werden, insbesondere

1. alle nach außen führenden und nicht zur Aufrechterhaltung des Schiffsbetriebes erforderlichen Öffnungen geschlossen,

2. alle nicht zur Gewährleistung der Sicherheit von Schiff, Besatzung und Ladung erforderlichen Hilfsmaschinen abgestellt,

3. nicht geschützte offene Feuer gelöscht, insbesondere das Rauchen eingestellt, sowie

4. Geräte mit glühenden oder Funken gebenden Teilen stillgelegt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

9.9 Sichtzeichen und Schallsignale der SeeSchStrO (Auszug)

A. Schallsignale mit der Pfeife

Aufforderung zum Anhalten durch Behördenfahrzeuge (Anlage I; A.16)

Sperrung (Anlage I; C.4)

Achtungssignal (Anlage II.2; Nr.1)

Allgemeines Gefahren- und Warnsignal (Anlage II.2; Nr. 2.1)

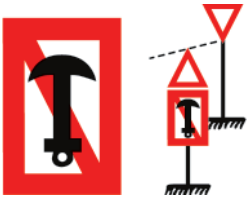
Bleib-weg-Signal (dauernd gegeben); (Anlage II.2; Nr. 2.2)

Bugsiertes Maschinenfahrzeug in Fahrt (Anlage II.2; Nr. 3.2)

B. Gebots- und Verbotszeichen

Überholverbot (Anlage I; A.1)

Begegnungsverbot (Anlage I; A.2)



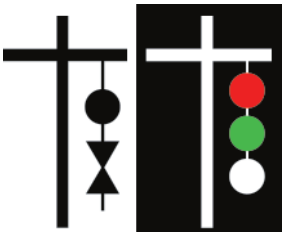
Ankerverbot (Anlage I; A.8)

Geschwindigkeitsbeschränkung wegen Sog und Wellenschlag (Anlage I; A.4)

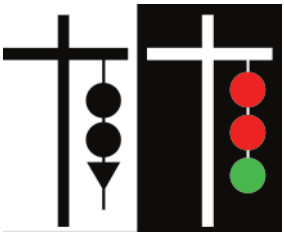
Höchstgeschwindigkeit; km/h (Anlage I; A.3)

Aufforderung zum Anhalten durch Behördenfahrzeug (Anlage I; A.16)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

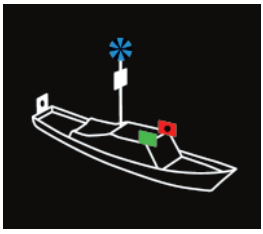


Dauernde Sperrung
(Anlage I; A.18)

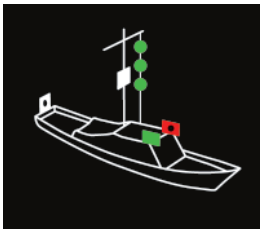


Außergewöhnliche Schifffahrtsbehinderung
(Anlage I; B.6)

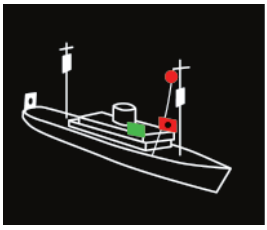
C. Sichtzeichen der Fahrzeuge



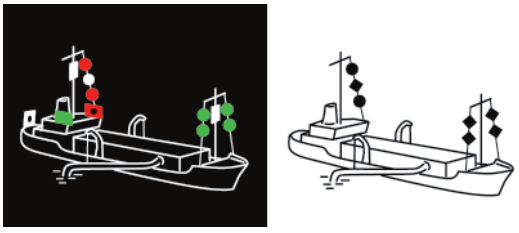
Fahrzeug bei Erfüllung
Polizeilicher Aufgaben
(Anlage II.1; Nr.1)



Zollfahrzeug, am Tag eine
viereckige grüne Flagge;
(Anlage II.1; Nr. 2)



Fahrzeug mit „bestimmten
gefährlichen Gütern“
(Anlage II.1; Nr.6)



Manövrierbehindertes Fahrzeug beim Baggern/bei Unterwasserarbeiten, an beiden Seiten passierbar (Anlage II.1; Nr.10)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

10 Telekommunikation

Günter Schmidt

10.1 Betrieb des mobilen Seefunkdienstes

10.1.1 Funkausrüstungspflicht und Funkpersonal für Seeschiffe

SOLAS IV [10.1.1] enthält grundsätzliche Vorschriften zur Funkausrüstung auf Seeschiffen. Danach sind alle Frachtschiffe ab einer BRZ von 300 und alle Fahrgastschiffe in der Auslandsfahrt funkausrüstungspflichtig. Art und Umfang der Funkausrüstung richten sich nach dem Seegebiet, in dem das Schiff eingesetzt wird.

Schiffe, die nicht den internationalen Bestimmungen unterliegen, sind nach nationalen Vorschriften auszurüsten. Nach Schiffssicherheitsverordnung (SchSV) gelten für die Funkausrüstung die Anforderungen der Kapitel III und IV der Anlage zum *SOLAS*-Übereinkommen. Ausnahmen nach § 6 Absatz 1 der SchSV werden durch gesonderte Richtlinien des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) oder der Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) festgelegt.

Funkausrüstungspflichtige Schiffe müssen ein gültiges Funk-Sicherheitszeugnis an Bord mitführen. Für die Bundesrepublik Deutschland wird es von der BG Verkehr ausgestellt. Die Kontrolle der Funkgeräte und die Abnahme der Funkstation erfolgen jährlich durch den Prüfdienst des BSH, einer zugelassenen Klassifikationsgesellschaft oder einen zugelassenen SeeFust-Ausrüster. Bei Aufenthalt deutscher Schiffe im Ausland kann das Funk-Sicherheitszeugnis auch von der dort zuständigen Behörde verlängert werden.

Einige Staaten haben für ihre Hoheitsgewässer Sonderbestimmungen bezüglich der Ausrüstungspflicht der Schiffe mit Funkanlagen erlassen (z. B. USA: zusätzliche *VHF*-Kanäle). Für die Erfüllung der Ausrüstungsvorschriften ist der Schiffseigner verantwortlich.

(1) Funkpersonal – Seefunkzeugnisse

Eine Seefunkstelle (SeeFust) darf nur bedienen, wer ein von der zuständigen Stelle ausgestelltes oder von ihr anerkanntes für die SeeFust vorgeschriebenes gültiges Seefunkzeugnis besitzt. Am Binnenschifffahrtsfunk darf nur teilnehmen, wer ein gültiges UKW-Sprechfunkzeugnis für den Binnenschifffahrtsfunk besitzt.

(2) Seefunkzeugnisse

Die Erteilung und Verlängerung von Seefunkzeugnissen ist wie folgt geregelt:

a) Für die Ausübung des Seefunkdienstes bei SeeFust auf *SOLAS*-Schiffen, die am „Weltweiten Seenot- und Sicherheitsfunksystem“ (*GMDSS*) teilnehmen, werden die folgenden Seefunkzeugnisse vom BSH ausgestellt oder in ihrer Gültigkeitsdauer verlängert:
   – Allgemeines Betriebszeugnis für Funker (*General Operator’s Certificate; GOC*)
   – Beschränkt Gültiges Betriebszeugnis für Funker (*Restricted Operator’s Certificate; ROC*)
   – UKW-Betriebszeugnis für Funker (*UBZ*)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Für die Ausübung des Seefunkdienstes bei SeeFust auf Schiffen, die nicht dem Kapitel IV des *SOLAS*-Abkommens unterliegen und die am *GMDSS* bzw. am Binnenschifffahrtsfunk teilnehmen, werden die folgenden Funkzeugnisse durch den Deutschen Motoryachtverband e. V. (DMYV), durch den Deutschen Segler-Verband e. V. (DSV) und der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (FVT) ausgestellt:
   – Allgemeines Funkbetriebszeugnis (*Long Range Certificate; LRC*)
   – Beschränkt Gültiges Funkbetriebszeugnis (*Short Range Certificate; SRC*)
   – UKW-Sprechfunkzeugnis für den Binnenschifffahrtsfunk (*UBI*)

(3) Befugnisumfang der Seefunkzeugnisse

Nach der Art der zu bedienenden SeeFust richtet sich, welches Seefunkzeugnis für die Ausübung des Seefunkdienstes bei dieser Seefunkstelle ausreicht.

– Das Allgemeine Betriebszeugnis für Funker (*GOC*) berechtigt zur uneingeschränkten Ausübung des Seefunkdienstes bei Sprech-Seefunkstellen, Schiffs-Erdfunkstellen sowie allen Funkeinrichtungen des *GMDSS*.
– Das Beschränkt Gültige Betriebszeugnis für Funker (*ROC*) berechtigt zur Ausübung des Seefunkdienstes bei Sprech-Seefunkstellen für *VHF* und Funkeinrichtungen des *GMDSS* für *VHF*.
– Das UKW-Betriebszeugnis für Funker (*UBZ*) berechtigt zur Ausübung des Seefunkdienstes bei Sprech-Seefunkstellen für *VHF* und Funkeinrichtungen des *GMDSS* für *VHF* in den deutschen A1-Seegebieten.
– Das Allgemeine Funkbetriebszeugnis (*LRC*) berechtigt zur uneingeschränkten Ausübung des Seefunkdienstes bei Sprech-Seefunkstellen, Schiffs-Erdfunkstellen und Funkeinrichtungen des *GMDSS* auf Sportfahrzeugen sowie auf Schiffen, für die dies in einer Rechtsnorm oder in einer Richtlinie im Sinne des § 6 SchSV vorgesehen ist.
– Das Beschränkt Gültige Funkbetriebszeugnis (*SRC*) berechtigt zur Ausübung des Seefunkdienstes bei Sprech-Seefunkstellen für *VHF* und Funkeinrichtungen des *GMDSS* für *VHF* auf Sportfahrzeugen sowie auf Schiffen, für die dies in einer Rechtsnorm oder in einer Richtlinie des § 6 SchSV vorgesehen ist.
– Das UKW-Betriebszeugnis für den Sprechfunkdienst im Binnenschifffahrtsfunk (*UBI*) berechtigt grundsätzlich nur zur Ausübung des Funkdienstes im Binnenschifffahrtsfunk. Die Teilnahme am Seefunk ohne *GMDSS* ist nur in 4 besonderen Zonen erlaubt. Weitere Informationen siehe: http://www.fvt.wsv.de/handbuch/index.html.
– Für das Bedienen von Satelliten-Seenotfunkbaken (*EPIRBs*), Radartranspondern für die Suche und Rettung (*SARTs*), AIS-Sendern für Suche und Rettung (AIS-*SARTs*), Satelliten-Funkanlagen, die ausschließlich der allgemeinen Kommunikation dienen, sowie Funkempfangseinrichtungen für den ausschließlichen Empfang seefahrtsbezogener Informationen ist der Besitz eines Seefunkzeugnisses nicht erforderlich.

Der Funker muss sein Funkzeugnis an Bord mitführen. Auf Verlangen ist es Prüfbeamten deutscher oder ausländischer Behörden vorzuzeigen.

(4) Voraussetzungen für den Erwerb eines Seefunkzeugnisses

Der Bewerber erhält ein Seefunkzeugnis, wenn er das erforderliche Alter erreicht hat und die Anforderungen hinsichtlich Ausbildung und Befähigungsbewertung erfüllt. Das Alterserfordernis ist erfüllt, wenn er beim

– *GOC, ROC, UBZ* und *LRC* das 18. Lebensjahr und beim
– *SRC* und *UBI* das 15. Lebensjahr vollendet hat.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Der Bewerber erfüllt die Anforderungen hinsichtlich Ausbildung und Befähigungsbewertung

- bei Seefunkzeugnissen für die Ausübung des Funkdienstes auf *SOLAS*-Schiffen, wenn die Voraussetzungen und Prüfungsanforderungen nach § 2 des Seeaufgabengesetzes in der Fassung und Bekanntmachung vom 18. September 1998 (BGBl. I S. 2968) in der jeweils geltenden Fassung und nach Anlage 3 zu § 13 Abs. 4a der SchSV erfüllt sind,
- beim *LRC* und *SRC*, wenn die Voraussetzungen und Prüfungsanforderungen nach Anlage 3 zu § 13 Abs. 4a der SchSV und
- beim *UBI*, wenn die Vorgaben der Binnenschifffahrt-Sprechfunkverordnung (BinSchSprFunkV) erfüllt sind.

10.1.2 Funkstellen, Zuteilung von Nummern

Alle Funkstellen, die am Seefunkdienst teilnehmen, haben eine nach internationalen Regeln festgelegte Kennzeichnung. Das Senden ohne oder mit einer falschen Kennung ist untersagt. Im Sprech-Seefunkdienst werden die Funkstellen wie folgt gekennzeichnet:

- SeeFust: Rufzeichen oder amtlicher Name des Schiffes,
- KüFust: Rufzeichen oder geografischer Name des Ortes, dem möglichst das Wort „Radio“ folgen sollte.

(1) Rufzeichen und Namen

Die Rufzeichen der deutschen SeeFust werden aus der internationalen Rufzeichenreihe *DAAA – DRZZ* gebildet. Es gibt aber auch deutsche SeeFust mit Rufzeichen der Rufzeichenreihe *Y2AA – Y9ZZ*, der früheren DDR. Bei deutschen Schiffen, denen vom Seeschiffsregister des Heimathafens ein Unterscheidungssignal zugeteilt worden ist, wird dieses im Seefunkdienst als Rufzeichen verwendet, z. B. *DHBE*. Nicht im Schiffsregister eingetragene Schiffe erhalten ein Rufzeichen aus zwei Buchstaben und vier nachfolgenden Ziffern, z. B. *DB7892*, von der Bundesnetzagentur, Außenstelle Hamburg.

Im Sprechfunkdienst benutzen Küstenfunkstellen folgende Kennungen:

- KüFust für öffentlichen Nachrichtenaustausch (Funkstellen, die auch Funkverkehr in das öffentliche Netz abwickeln): geografischer Name des Ortes + „RADIO“, z. B. „Hamburg Radio“
- KüFust für nichtöffentlichen Nachrichtenaustausch (Revier- und Hafenfunkdienst): geografischer Name des Ortes + Art des Dienstes + „RADIO“ (darf beim Anruf fehlen), z. B.
  - „Hamburg Port (Radio)“: Hafenabfertigung im Hamburger Hafen,
  - „Elbe Pilot (Radio)“: Lotseneinsatz (Anforderung, Abgabe) auf der Elbe,
  - „Brunsbüttel Radar 1“: Landradarberatung auf der Elbe zwischen den Tonnen 51 und 59.

Ausführliche Angaben zum Revierfunk enthalten die **Revierfunkdienste** des BSH, die alle ein bis zwei Jahre neu herausgegeben werden.

(2) Rufnummern

Zur Kennzeichnung der SeeFust im *GMDSS* werden neben Schiffsnamen und Rufzeichen „Rufnummern des mobilen Seefunkdienstes“ (*Maritime Mobile Service Identity; MMSI*) verwendet. Sie sind grundsätzlich 9-stellig und setzen sich zusammen aus der

- 3-stelligen Seefunkkennzahl (*Maritime Identification Digit; MID*), gefolgt von einer
- 6-stelligen Ziffernreihe.

Jedem Land wurden gemäß Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO Funk; engl.: *Radio Regulations; RR*) eine oder mehrere Seefunkkennzahlen zugewiesen. Deutschland hat die Seefunk-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

kennzahlen 211 und 218 (ehemals DDR). Die *MIDs* sind im Handbuch Nautischer Funkdienst [10.1.2] jeweils zu Beginn der Länderabschnitte aufgeführt. Die *MMSI* wird für den Aufbau von Wählverbindungen in den Verkehrsrichtungen Land–Schiff, Schiff–Land und Schiff–Schiff verwendet, z. B. beim digitalen Selektivrufverfahren (*DSC*-Betrieb) oder im Seefunkdienst über Satelliten.

(3) Zuteilung von Nummern

Die Regulierung der Telekommunikation ist eine hoheitliche Aufgabe des Bundes. Nach Telekommunikationsgesetz (TKG) müssen für die Erlaubnis zur Nutzung der Frequenzen Nummern und Rufzeichen beantragt und zugeteilt werden. Zuteilungen von Rufzeichen und Rufnummern, die im Rahmen von Frequenzzuteilungen vor dem 1.6.2013 erfolgt sind, bleiben weiterhin gültig. Ein Austausch der erteilten Frequenzzuteilungsurkunden gegen die neuen Nummernzuteilungsurkunden ist nur in besonderen Fällen erforderlich. *VHF*-Seefunkanlagen auf nicht ausrüstungspflichtigen Schiffen werden ohne Abnahme genehmigt. Der Betrieb darf erst aufgenommen werden, wenn die Nummernzuteilung durch die Bundesnetzagentur (BNetzA), Außenstelle Hamburg, erfolgt ist und die *Ship Station Licence* ausgehändigt worden ist. Nach den *Radio Regulations* (*RR*) gilt dies auch für Schiffe, die ihren ständigen Liegeplatz im Ausland haben. Die Nummernzuteilung ist in jedem Fall erforderlich, unabhängig davon, ob die SeeFust am öffentlichen Funkverkehr (Richtung Schiff–Land) oder nur am nichtöffentlichen Funkverkehr, z. B. Schiff–Schiff, Revier- und Hafenfunkdienst oder Sicherheitsfunkverkehr) teilnimmt. Nummernzuteilungen für Seefunkanlagen werden zeitlich unbegrenzt ausgestellt. Bei Verstößen gegen die Nutzungsvorschriften der Frequenzen und Nummern kann die BNetzA die Nummernzuteilung widerrufen. Ohne *Ship Station Licence* betriebene Funkanlagen können außer Betrieb gesetzt werden. Für SeeFust, die am öffentlichen Nachrichtenaustausch teilnehmen wollen, muss der Inhaber der Nummernzuteilung zusätzlich einen Vertrag mit einer zugelassenen Abrechnungsgesellschaft schließen. Sie erhalten in der Nummernzuteilung die Kennzeichnung *CP* (*Public Correspondence*). SeeFust, die ausschließlich am schiffsbetrieblichen Funkverkehr teilnehmen wollen, erhalten die Bezeichnung *OT* (*Operational Traffic*).

Alle Änderungen an Funkanlagen, die die Nummernzuteilung berühren, müssen der BNetzA schriftlich mitgeteilt werden (z. B. Namensänderung des Schiffes oder Funkgerätewechsel).

10.1.3 Organisation des Funkbetriebs an Bord

Der Kapitän hat die Oberaufsicht über den Funkdienst der SeeFust. Sein Stellvertreter, solange er das Schiff tatsächlich führt.

Der für den Funkbetrieb „zuständige“ Wachoffizier ist verantwortlich für

- den sicheren Funkbetrieb,
- die pflegliche und betriebsgerechte Handhabung der Funkanlagen,
- die Sicherstellung der ständigen Bereitschaft der SeeFust und
- die laufende Überwachung der technischen Einrichtungen während der Reise. Zum Beispiel
  - ist die Ersatzstromquelle täglich zu prüfen,
  - sind die Funkgeräte für die Überlebensfahrzeuge mindestens wöchentlich zu testen,
  - sind die Wachempfänger und die Batterien regelmäßig zu prüfen bzw. zu warten,
  - sind nach Schlechtwetterphasen (Seewasser in Brückenhöhe) die Antennen zu kontrollieren und evtl. die Isolatoren zu entsalzen.

Zu beachten: Die Ergebnisse der Prüfungen bzw. die Wartungsmaßnahmen müssen im Funktagebuch oder im Seetagebuch dokumentiert werden. Nicht selbst behebbare Schäden müs-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

sen dem Kapitän gemeldet werden. Ist die Betriebssicherheit erkennbar beeinträchtigt, muss unverzüglich für die sachgerechte Instandsetzung gesorgt werden. Mitarbeiter des Abnahme- und Prüfdienstes (BSH) haben das Recht, Funkanlagen an Bord jederzeit zu prüfen. Der Kapitän und die Wachoffiziere (Funker) müssen sicherstellen, dass die Funkanlagen nicht von Unbefugten bedient werden können.

(1) Dienstbehelfe für Seefunkstellen

Dienstbehelfe sind Unterlagen mit Vorschriften oder Informationen, die von einer SeeFust benötigt werden, um möglichst reibungslos am Seefunkdienst teilnehmen zu können. Zu den Dienstbehelfen gehören sowohl die von der Internationalen Fernmelde-Union (*ITU*) in Genf herausgegebenen Regelwerke für den Seefunkdienst als auch solche von amtlichen oder zuständigen deutschen Stellen oder Stellen des Auslands. Sie werden im Allgemeinen periodisch ergänzt, berichtigt oder erneuert. Es besteht die Vorschrift, dass bei der SeeFust immer die neuesten Ausgaben und die letzten Nachträge zur Verfügung stehen. Erforderliche Berichtigungen sind vor Reisebeginn durchzuführen. Die Berichtigungen sind in den Dienstbehelfen zu dokumentieren.

Die Neuausgabe der internationalen und deutschen Dienstbehelfe wird in den Nachrichten für Seefahrer (NfS), die selbst ein Dienstbehelf sind, bekannt gegeben. In den NfS wird über wichtige Änderungen und Neuerungen im Seefunkdienst unterrichtet. Die in den NfS enthaltenen Anweisungen sind für SeeFust und deren Funkpersonal verbindlich. Das Mitführen von Dienstbehelfen ist grundsätzlich im Anhang 16 der von der *ITU* herausgegebenen *Radio Regulations* (*RR*) beschrieben.

Als herausragender internationaler Dienstbehelf erfüllen die *Admiralty List of Radio Signals* (Vol. 1–6) [10.1.3] alle Anforderungen für die Unterstützung eines sicheren und störungsfreien Funkverkehrs. Für den Revierfunk in den deutschen Küstengewässern sollte der *VTS Guide Germany* des BSH an Bord sein.

(2) Dienstbehelfe der *ITU*

- Verzeichnis der Küstenfunkstellen*/List of Coast Stations* (*ITU, List IV*): Neuausgabe alle zwei Jahre, zusammenfassender Nachtrag alle sechs Monate;
- Verzeichnis der Seefunkstellen*/List of Ship Stations* (*ITU, List V*): erscheint in zwei Bänden, Neuausgabe jährlich, Nachtrag vierteljährlich;
- Verzeichnis der Ortungsfunkstellen und der Funkstellen für Sonderfunkdienste*/List of Radiodetermination and Special Service Stations* (*ITU, List VI*): Neuausgabe bei Bedarf, zusammenfassender Nachtrag alle sechs Monate;
- Verzeichnis der Rufzeichen und Rufnummern des Seefunkdienstes und des Seefunkdienstes über Satelliten*/List of Call Signs and Numerical Identities of Stations Used by Maritime and Maritime Mobile-Satellite Services* (*ITU, List VII A*): Neuausgabe alle zwei Jahre, zusammenfassender Nachtrag alle drei Monate;
- Handbuch für den Seefunkdienst und den Seefunkdienst über Satelliten*/Manual for Use by Maritime and Maritime Mobile-Satellite Services* (*ITU*): Neuausgabe und Berichtigung bei Bedarf.
- Die Dienstbehelfe der *ITU* werden in Papierform und in elektronischer Form herausgegeben. Beide Versionen erfüllen die Ausrüstungsbestimmungen auch für *GMDSS*-Schiffe.

(3) Internationales Signalbuch (ISB)

Alle Schiffe, die nach *SOLAS 74/88* funkausrüstungspflichtig sind, müssen das Internationale Signalbuch (ISB) mitführen [10.1.4].

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) Aufzeichnungen über den Funkdienst

– Für Funkstellen an Bord von Seefahrzeugen, die nach *SOLAS* mit *GMDSS*-Funkanlagen ausgerüstet sein müssen, und
– für übrige Sprech-Seefunkstellen an Bord von Seefahrzeugen, die zur Führung des Seetagebuchs verpflichtet sind, gilt folgende Regelung:

Das Führen eines Funktagebuchs ist nicht mehr erforderlich. Statt dessen sind gemäß Anhang S 16 Abschnitt 3 der VO Funk (international: *Radio Regulations: RR*) folgende Angaben mit Zeit (*UTC*) und Datum in das Seetagebuch einzutragen:

– eine Zusammenfassung aller Aussendungen, die sich auf Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsfälle beziehen (Notmeldungen und Notverkehr sind, wenn möglich, wörtlich einzutragen),
– wichtige Dienstvorkommnisse (Ausfall der Funkanlage, Wartung und Reparatur der Funkgeräte, Empfangsschwierigkeiten, amtliche Prüfungen der SeeFust usw.),
– täglich einmal der Standort des Fahrzeugs,
– Wartung und Aufladen der Batterien.

Die Dokumentation des Funkbetriebs im *GMDSS Radio Logbook* wird empfohlen.

(5) Fernmeldegeheimnis

Alle Personen an Bord, die die Funkanlage bedienen bzw. die SeeFust beaufsichtigen, müssen nach Telekommunikationsgesetz (TKG) das Fernmeldegeheimnis wahren. Ebenso müssen alle Personen an Bord, die von Seefunkgesprächen oder anderen durch den Funkdienst empfangene Nachrichten aufgrund ihrer dienstlichen Tätigkeit Kenntnis erhalten, z. B. der Rudergänger, darüber Stillschweigen bewahren. Insbesondere ist zu beachten bzw. gilt:

– Es dürfen keine Funksendungen empfangen werden, die nicht für die eigene SeeFust bestimmt sind.
– Die Schweigepflicht gilt für alle Mitteilungen, die über die SeeFust abzuwickeln sind.
– Verletzungen des Fernmeldegeheimnisses werden strafrechtlich verfolgt.
– Dem Kapitän gegenüber besteht keine Pflicht zur Wahrung des Fernmeldegeheimnisses.

Folgende Funksendungen dürfen von allen SeeFust aufgenommen werden:

– Meldungen an alle (*CQ*-Meldungen); z. B.: Wetterberichte oder Sammelanrufe der KüFust,
– Wettermeldungen anderer SeeFust für amtliche Stellen, soweit sie für den eigenen Gebrauch verwendet werden.

Weiter gilt:

– Andere Funkaussendungen, (z. B. Fernseh- und Rundfunksendungen) dürfen nur empfangen werden, wenn die SeeFust Teilnehmer der betreffenden Dienste ist.
– Der Kapitän kann aus wichtigen Gründen der Schiffsführung die Aufnahme bestimmter Meldungen/Nachrichten verlangen.
– Privater öffentlicher Nachrichtenaustausch sollte, wenn möglich, nur im Funkraum abgewickelt werden. Ist dies nicht möglich, sollte der Teilnehmer darauf hingewiesen werden.

Zu beachten: Viele praktische Hinweise und gute Beispiele für die technische Betriebssicherheit und die Organisation einer SeeFust enthalten *The Mariner's Guide to Marine Communications* [10.1.5] und das alle bordseitigen Arbeitsbereiche des Seefunkdienstes umfassende *Handbook for Marine Radio Communication* [10.1.6].

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

10.2 Mobile Seefunkeinrichtungen – Funktechnik

Eine für alle Seegebiete ausgerüstete SeeFust umfasst sowohl terrestrische Funkeinrichtungen als auch satellitengestützte Systeme. Neben stationär installierten Funkanlagen sind auch mobile Geräte vorgeschrieben.

10.2.1 *VHF*-, *MF*- und *HF*-Seefunkgeräte

(1) *DSC*-Seefunkanlagen

Je nach Einsatzgebiet müssen SeeFust mit *Digital Selective Calling* (*DSC*)-Funkanlagen für *VHF*, *MF* und *HF* (Abb. 10.2.1) ausgerüstet sein. Dazu werden die entsprechenden Sende- und Empfangsanlagen mit im gleichen Frequenzbereich arbeitenden *DSC-Controllern* verbunden oder Geräte mit integrierten Controllern eingesetzt. In den *DSC-Controllern* werden die Nachrichten in Binärzeichen umgesetzt. Sie werden in Form zweier Tonfrequenzen übertragen.

Für den Aufbau einer *DSC*-Nachricht steht ein Vorrat von insgesamt 128 Zeichen zur Verfügung. Diese werden aus jeweils zehn Binärzeichen so gebildet, dass bereits bei der Dekodierung ein fehlerhaft übertragenes Zeichen erkannt wird. Zur weiteren Erhöhung der Übertragungssicherheit wird jedes Zeichen zweimal gesendet. Jede Nachricht wird außerdem um ein Prüfzeichen ergänzt. Damit ist auf einfache Weise sichergestellt, dass selbst bei stark gestörten Übertragungen nur fehlerfrei erkannte Nachrichten ausgewertet werden. Mit *DSC*-Seefunkanlagen ist jederzeit eine schnelle und sichere Seenotalarmierung „per Knopfdruck" möglich. In Registern werden mindestens die jeweils letzten 20 empfangenen Not-, Sicherheits- und Routineanrufe nicht löschbar gespeichert. Außerdem verfügen die *Controller* über Speicher aus denen mit wenigen Tastendrücken Anrufe zur Aussendung gebracht werden können.

(2) *VHF-DSC*-Seefunkanlagen

VHF-DSC-Seefunkanlagen bestehen aus der Alarmierungseinrichtung (Senden und Empfangen), dem *DSC*-Kodierer und einer Sprechfunkanlage. Der gesamte *DSC*-Betrieb (Not-, Sicherheits- und Routineanrufe) wird im *VHF*-Bereich auf Kanal 70 durchgeführt. Moderne Anlagen bzw. gut aufeinander abgestimmte Kombinationen stellen den Anrufkanal und die Kanäle für die folgende Sprechfunkverkehrsabwicklung automatisch ein. Die Übertragungszeit für einen Anruf dauert, je nach Datenumfang, 0,45 – 0,63 s.

(3) *MF/HF-DSC*-Sefunkanlagen

MF/HF-DSC-Seefunkanlagen (Abb. 10.2.1) müssen – außer auf den ausschließlich für Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsanrufe erlaubten Frequenzen (*MF*: 2187,5 kHz; *HF*: 5 *DSC*-Not- und Sicherheitsfrequenzen) – für die Teilnahme am allgemeinen Funkverkehr auf besonderen internationalen und nationalen *DSC*-Frequenzen senden und empfangen können. Die Übertragungszeit für einen *DSC*-Anruf dauert, je nach Datenumfang, 6,2 – 7,2 s. Mit *MF/HF-DSC*-Seefunkanlagen muss neben Sprechfunkverkehr auch Funkfernschreibverkehr (Radiotelex) möglich sein.

Abb. 10.2.1: *MF/HF-DSC*-Seefunkanlage

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) *DSC*-Wachempfänger

Zur Überwachung der *DSC*-Not- und Sicherheitsfrequenzen sind Wachempfänger vorgeschrieben. Die *DSC*-Wachempfänger dürfen nicht versehentlich abschaltbar sein. Der Frequenzen scannende Not- und Sicherheits-Wachempfänger für *MF/HF* darf keine Routinefrequenzen überwachen. Entsprechend dem Einsatzgebiet gehören zur Ausrüstungspflicht:

- *VHF:* 1 *DSC*-Wachempfänger für den Kanal 70,
- *MF:* 1 *DSC*-Wachempfänger für 2187,5 kHz,
- *MF/HF:* 1 *DSC*-Wachempfänger für 2187,5 kHz und 5 *HF*-Frequenzen für Not- und Sicherheitsanrufe.

(5) Funkfernschreibanlagen

Für das Funkfernschreibverfahren im terrestrischen Seefunk (Radiotelex) wird neben einem *MF/HF*-Sender/Empfänger eine Fernschreibeinrichtung benötigt. Heute werden fast ausschließlich Anlagen betrieben, die einen Computer mit Drucker, Bildschirm (Abb. 10.2.2) und Tastatur als Terminal verwenden. Die zu übermittelnden Informationen werden zunächst in einen Speicher geschrieben, aus dem sie dann bei Bedarf abgefordert werden. Der beim Landtelex übliche 5-Elemente-Code ist für die Übertragung von Nachrichten auf dem Funkweg nicht geeignet. Durch atmosphärische Bedingungen kommt es zu *Fading*, Schwund, Rauschen usw. Durch diese Einflüsse gestörte (verstümmelte) Signale sind mit dem 5-Elemente-Code nicht mehr eindeutig erkennbar. Aus diesem Grund wurde für den *SITOR* (*Simplex Teletype Over Radio*)-Betrieb ein besonderer 7-Elemente-Code entwickelt. Bei diesem besteht jedes Zeichen aus vier Zeichenschritten *„Mark“* (*assigned frequency Fa +85 Hz*) und drei Zeichenschritten *„Space“* (*assigned frequency Fa -85 Hz*). Nur wenn das 4:3-Verhältnis vom Empfänger erkannt wird, kann das entsprechende Zeichen ausgedruckt werden. Radiotelex arbeitet mit der Sendeart *F1B*, einem Telegrafiesystem, das mit Frequenzumtastung ohne Modulation durch eine Tonfrequenz arbeitet. Die Sendeart *F1B* erfordert frequenzstabile Sender und Empfänger.

Abb. 10.2.2: Radiotelexbildschirm – *ARQ*-Betrieb

(6) *VHF*-Handsprechfunkgeräte

Die *VHF*-Handsprechfunkgeräte für Überlebensfahrzeuge dienen primär zur Verständigung mit Fahrzeugen, die an der Suche und Rettung beteiligt sind. Sie dürfen auch für den Funkverkehr an Bord benutzt werden, wenn sie mit Akkumulatoren betrieben werden. *GMDSS*-zugelassene *VHF*-Handsprechfunkgeräte müssen in bis 1 m Wassertiefe wasserdicht sein. Sie müssen mindestens auf dem Kanal 16 und einem weiteren Ka-

Abb. 10.2.3: *VHF*-Aero-Gerät

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

nal senden und empfangen können. Zusätzlich werden die Kanäle 6, 13, 15 und 17 empfohlen. Duplex-Kanäle sind nicht erlaubt. Die Geräte müssen während der Reise ständig betriebsbereit auf der Brücke stationiert sein. Im Rettungsmittel ist der Betrieb mit einer Lithiumzelle vorgeschrieben.

(7) *VHF*-Aero-Funkgeräte

Für die Abwicklung des Funkverkehrs bei Such- und Rettungsarbeiten vor Ort müssen Fahrgastschiffe Flugfunkgeräte mit den Frequenzen 121,5 und 123,1 MHz (Abb. 10.2.3) an der Position mitführen, von der das Schiff gewöhnlich geführt wird (*conning station*). Neben fest installierten Geräten erfüllen auch Handsprechfunkgeräte für den Flugfunkdienst die Ausrüstungsvorschrift.

10.2.2 *Inmarsat*-Schiffs-Erdfunkstellen

Die Sende- und Empfangseinrichtungen des *Inmarsat*-Systems – als Teil der Seefunkanlage an Bord von Seeschiffen – werden als Schiffs-Erdfunkstellen (*SES; Ship Earth Station*) bezeichnet. Die ursprünglich im Wesentlichen für die Verbesserung der Sicherheitskommunikation gegründete *Inmarsat*-Organisation stellt ihre Dienstleistungen aktuell auch für Endgeräte zur Verfügung, die nicht den Anforderungen des Sicherheitsfunksystems *GMDSS* entsprechen. Die folgenden *SES* erfüllen die *GMDSS*-Vorschriften.

Inmarsat B: Das digitale *Inmarsat B*-System ist 1994 als Nachfolger des analogen A-Systems (Abschaltung 2007) eingeführt worden. *Inmarsat B* bietet Telefonie- (Duplex in Direktwahl), Telefax-, Telex- und E-Mail-Betrieb sowie Datenverbindungen mit bis zu 128 kbit/s mit verbesserter Übertragungsqualität. Auch *Inmarsat B* benötigt eine Parabolantenne. Es erfüllt die Anforderungen des *GMDSS*-Systems. Es ist geplant, das *Inmarsat B*-System am 31.12.2016 abzuschalten.

Inmarsat C: Das 1991 in Betrieb genommene digitale *Inmarsat C*-System sendet und empfängt mit einer kompakten Rundstrahlantenne. Mit *Inmarsat C* können digitalisierbare Informationen (Telexe, E-Mails, Sensordaten usw.) gesendet und empfangen werden. Auch E-Mail-Betrieb über das Internet ist mit *C*-Anlagen möglich und wird von mehreren Küsten-Erdfunkstellen (*CES; Coast Earth Station*) angeboten. Telefon- und damit auch Telefaxbetrieb sind nicht möglich. *Inmarsat C* arbeitet mit dem *Store and Forward*-Verfahren (Speicherbetrieb). Bei dieser Betriebsart gibt es zu keinem Zeitpunkt eine direkte Verbindung zwischen den Teilnehmern. Das System sendet mit automatischem Datenfluss und einer Übertragungsgeschwindigkeit von 600 bit/s. Bei vorübergehender Störung wird die Übertragung automatisch fortgesetzt. *Inmarsat C*-Terminals (Abb. 10.2.4) haben Schnittstellen für Tastaturen, PCs (RS 232), Drucker und Navigationsrechner. Das *C*-System ist sehr häufig Bestandteil der *GMDSS*-Ausrüstung nach *SOLAS*.

Abb. 10.2.4: ***Inmarsat C – Distress Alert***

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Inmarsat Mini C: Die *Inmarsat Mini C*-Anlage erfüllt in der *GMDSS*-Version alle geforderten Funktionen einer *GMDSS*-kompatiblen *SES*. Das kompakte *Mini C*-Terminal zeichnet sich durch einen sehr geringen Energiebedarf aus. Die Anlage ist insbesondere für den Einbau auf Yachten und Fischereifahrzeugen entwickelt worden.

Inmarsat Fleet 77: *Inmarsat Fleet 77* wurde 2001 eingeführt. Das System ermöglicht über ein einziges Terminal Sprachdienste und Datenübertragungen mit bis zu 128 kbit/s. Das herausragende Merkmal der *Fleet 77-SES* (Abb. 10.2.5) ist die Identifizierung der vier Prioritätsstufen gesendeter und empfangener Informationen (*Distress, Urgency, Safety* und *Routine*). Notrufe haben Vorrang vor allen anderen Aussendungen. Mit dieser Technologie setzt die *SES Fleet 77* den Standard für zukünftige *GMDSS-SES*.

Abb. 10.2.5: ***Inmarsat Fleet 77 – Distress Alert***

10.2.3 *EPIRBs*, *SARTs*, *NAVTEX*- und *EGC*-Empfänger

(1) Seenotfunkbaken (*EPIRBs*)

EPIRBs (*EPIRB; Emergency Position Indicating Radio Beacon*) sind selbstaufschwimmende Baken, die über 48 Stunden Notsignale senden und damit die Notposition kennzeichnen. Ein *EPIRB*-Alarm beinhaltet

- immer die Identität (*MMSI*) des Schiffes in Not oder die Seriennummer der Bake,
- abhängig vom Bakentyp die Position oder Informationen zur Positionsbestimmung und,
- wenn eingegeben, die Art des Notfalls.

Die Baken senden beim Aufschwimmen automatisch. Sie können aber auch manuell durch einen Schalter oder eine Fernbedieneinheit aktiviert werden. Der Installationsort für Satelliten-*EPIRB*s muss so gewählt werden, dass möglichst immer freie Sicht zu den Satelliten des jeweiligen Systems gewährleistet ist und das Aufschwimmen im Seenotfall unter allen Umständen möglich ist.

Zu beachten: Nach der Installation ist die zur Bake gehörende Registrierkarte unverzüglich auszufüllen und an die vorgeschriebene nationale Institution (Deutschland: RCC Münster, E-Mail: Ltkdosarleitstelle@bundeswehr.org) abzusenden. Fehler bei der Registrierung können im Seenotfall zur Verzögerung der Such- und Rettungsarbeiten führen. Optional werden *EPIRBs* mit einer Heizung als Schutz gegen Vereisung ausgerüstet. Möglich ist auch die Ausrüstung der Halterung mit einer Alarmanlage, um die Bake vor Diebstahl zu sichern.

a) *COSPAS-SARSAT-EPIRBs*

COSPAS-SARSAT-EPIRBs (406 MHz Satelliten-*EPIRBs*) der neuen Generation (Abb. 10.2.6) senden den Seenotalarm sowohl über die acht polumlaufenden Satelliten (*LEOSAR*-System) als auch über die fünf (plus ein Reservesatellit) geostationären Satelliten (*GEOSAR*-System) des *COSPAS-SARSAT*-Systems an ein zugehöriges *Local User Terminal* (*LUT*).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Die polumlaufenden Satelliten berechnen die Position der Bake über den Dopplereffekt. Die Positionsgenauigkeit beträgt 1 bis 2 sm. Als Alarmverzögerungszeiten wurden im Extremfall mehrere Stunden festgestellt.
– Die geostationären Satelliten empfangen die Notfallposition von der *EPIRB* (i. A. eingebauter GPS-Empfänger) und senden die Daten in wenigen Minuten zu den Bodenstationen des *GEOSAR*-Systems (*GEOLUTs*).

Mit einem zusätzlichen Bakensignal auf 121,5 MHz (Reichweite etwa 20 sm) und einem Xenon-Blitzlicht unterstützen einige Baken die Zielfahrt (*homing*) für die Bergung.

Abb. 10.2.6: *COSPAS-SARSAT-EPIRB*

b) Die *VHF-EPIRB*

Für das Seegebiet A1 (Kap. 10.4.3 (3)) kann an Stelle einer Satelliten-*EPIRB* eine *VHF-EPIRB* mit eingebautem Radartransponder (*SART*; s. u.) verwendet werden. Sie muss frei aufschwimmen können. Im Notfall sendet die *VHF-EPIRB* eine *DSC*-Alarmierung über den *VHF*-Kanal 70 aus, die sowohl von den Wachempfängern an Bord anderer Schiffe als auch von KüFust/*RCCs* (*RCC; Rescue Coordination Centre*) empfangen wird. Der Radartransponder unterstützt im Notfall die Such- und Bergungsoperationen.

(2) *SARTs*

Search and Rescue Radar Transponder (*SARTs*) (Abb. 10.2.7) gehören nach *SOLAS* zur Pflichtausrüstung und dienen im *GMDSS* zur Ortung von Schiffen in Seenot oder deren Überlebensfahrzeugen. Sie ermöglichen eine Zielfahrt zur Unfallposition mittels Radar (Kap. 4.2) auch bei schlechter Sicht. Der Transponder muss zunächst entweder manuell in den „Standby-Modus“ geschaltet (aktiviert) werden, oder er wird bei *float free*-Modellen beim Aufschwimmen automatisch aktiviert. Ein betriebsbereiter Transponder wird durch Sendeimpulse von X-Band-Radargeräten (9 GHz-Bereich) angesprochen und sendet eine deutliche Kennung von zwölf Strichen. Von Suchschiffen, die eine Radarantenne in etwa 15 m Höhe haben, werden Transponder in 5 – 10 sm Entfernung ausgelöst. Die IMO schreibt für *SARTs* eine Reichweite von mindestens 5 sm bei einer Antennenhöhe von 1 m vor. Die Betriebsdauer beträgt 96 Stunden im Standby-Betrieb, gefolgt von einem Minimum von 8 h Sendezeit mit einer kontinuierlichen Abfrage mit einer Impulswiederholfrequenz von 1 kHz. Die Aussendung der Transponderimpulse wird optisch und akustisch angezeigt. Bei einigen *EPIRBs* wird auch der Standby-Betrieb optisch und/oder akustisch angezeigt. 2010 ist der AIS-Sender (Abb. 10.2.8) für Suche und Rettung (AIS-*SART*) von der IMO als Alternative zum Radar-*SART* genehmigt worden. Ein interner GPS-Empfänger versorgt den AIS-*SART* mit Positionsdaten. Der AIS-*SART* sendet die Position und eine international einheitliche *MMSI*-Kennung auf den AIS-Kanälen AIS 1 und AIS 2 (Kap. 4.3.1). Jede AIS-*SART-MMSI* beginnt mit den Ziffern 970, gefolgt von 2 Ziffern, die den Hersteller kennzeichnen und 4 Ziffern für die Seriennummer des Senders.

Abb. 10.2.7: Radar-*SART*

Abb. 10.2.8: AIS-*SART*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(3) *NAVTEX*-Empfänger

NAVTEX (*Navigational Warnings by Telex*)-Anlagen bestehen aus einem Festfrequenzempfänger (Abb. 10.2.9), einem Drucker und einer Fehlerkorrektureinheit. Sie empfangen terrestrisch ausgestrahlte Sicherheitsmeldungen für die Schifffahrt. Die Aussendung der *NAVTEX*-Meldungen erfolgt im *MF*-Bereich auf den Frequenzen 518 kHz (internationaler *NAVTEX*-Dienst in englischer Sprache) und 490 kHz (nationaler *NAVTEX*-Dienst in der jeweiligen Landessprache). Die Aussendungen haben eine Reichweite zwischen 250 und 400 sm, abhängig von der Sendeleistung und den Ausbreitungsbedingungen. *SOLAS* IV schreibt nur *NAVTEX*-Empfänger vor, die die Aussendungen auf 518 kHz empfangen und ausdrucken können. In tropischen Gebieten, in denen die *MF*-Aussendungen starken atmosphärischen Störungen unterliegen, können die Meldungen zusätzlich auch auf der *HF*-Frequenz 4209,5 kHz gesendet werden.

Abb. 10.2.9: *NAVTEX*-Empfänger

(4) *EGC*-Empfänger

EGC (*Enhanced Group Call*)-Empfänger sind auf allen Schiffen vorgeschrieben, deren Einsatzgebiete außerhalb der *NAVTEX*-Gebiete liegen. *EGC*-Schifffahrtssicherheitsinformationen (*MSI; Maritime Safety Information*) werden im Satellitenfunkdienst über das *Inmarsat*-System verbreitet. Sie werden über Einkanalempfänger empfangen. Diese können Bestandteil einer *Inmarsat C*-Satelliten-Empfangsanlage sein. Es gibt aber auch eigenständige *EGC*-Empfänger. Im *EGC*-System sendet jeder *Inmarsat*-Satellit einen Träger auf einem zugewiesenen Kanal aus und ermöglicht allen – mit entsprechenden *Inmarsat*-Anlagen ausgerüsteten Schiffen – an sie adressierte *EGC*-Meldungen automatisch zu empfangen. Der *EGC*-Träger hat eine größere Leistung als die Signale der normalen Satellitenkommunikation, um die sichere Überwachung zu gewährleisten. Die Geräte müssen einen 60-s-Stromausfall ohne Datenverlust überstehen. Notalarmierungen in der Verkehrsrichtung Land – Schiff lösen einen optischen und akustischen Alarm aus und müssen manuell quittiert werden.

10.3 Sprechfunkdienst

10.3.1 Vorbereitung des Funkverkehrs – Funkanruf

(1) Sendefrequenzen

SeeFust dürfen nur die ihnen zugeteilten Sendefrequenzen benutzen. Dabei sind die vorgeschriebene Zweckbestimmung und die Verkehrsrichtung zu beachten:

- Anruffrequenzen: Verkehrsrichtung Schiff – Land und Verkehrsrichtung Schiff – Schiff
- Arbeitsfrequenzen: Verkehrsrichtungen Schiff – Land/Land – Schiff und Schiff – Schiff

Zu beachten: Bestimmte Frequenzen, insbesondere im *MF*-Bereich (Grenzwelle) dürfen nur in festgelegten Gebieten (Verwendungsgebiete) benutzt werden. Für jede Frequenz ist die Sendeart, mit der sie betrieben werden darf, festgelegt. Der Sprechfunkverkehr darf, mit Ausnah-

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

me des Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsverkehrs, nur auf Arbeitsfrequenzen abgewickelt werden. Die üblichen Arbeitsfrequenzen der KüFust sind im internationalen Verzeichnis *List of Coast Stations* (Dienstbehelfe; Kap. 10.1.3 (2)) fett gedruckt. In anderen Dienstbehelfen sind die Arbeitsfrequenzen, bei *VHF* auch die Nummern der Arbeitskanäle, häufig fett gedruckt oder unterstrichen.

(2) Sprechweg/Kanal

Im Sprechfunkverkehr zwischen SeeFust und KüFust benutzen diese im Allgemeinen zwei unterschiedliche Sendefrequenzen (Duplex-Betrieb). Sind diese Frequenzen einander fest zugeordnet, bezeichnet man sie als Sprechweg oder Kanal.

(3) Anrufvorbereitungen – Wiederholen eines Anrufs

Entsprechend der 1. Grundregel für den Seefunkdienst „Erst hören – dann senden" wird grundsätzlich zuerst der Empfänger eingeschaltet. Vor der Inbetriebnahme des Senders sind mit Hilfe der Dienstbehelfe (Kap. 10.1.3 (2)) – insbesondere *Admiralty List of Radio Signals, Volume 1 „Maritime Radio Stations"* – die Informationen über Frequenzen, Kanäle, Sendezeiten, Betriebsverfahren und Dienste der ausgewählten KüFust zu ermitteln. Erst wenn sich die KüFust mit ihrem Namen meldet, besteht absolute Gewissheit über die eingestellte Station. Für alle Funkstationen gilt deshalb: Keine Aussendung ohne eigenen Stationsnamen. Vor *VHF*-Anrufen an KüFust ist die Rauschsperre (*SQUELCH*) auszuschalten, um die Empfindlichkeit des Empfängers zu vergrößern. Lautes Rauschen zeigt an, dass der eingestellte Kanal frei ist.

Jede Funkstelle muss sich vor Beginn eines Anrufs vergewissern, dass sie keinen anderen Funkverkehr stört. Ist eine solche Störung wahrscheinlich, wartet die Funkstelle eine geeignete Pause für den Anruf ab. Wird trotzdem ein Verkehr gestört, muss das Senden auf Verlangen der Funkstelle, deren Verkehr gestört wird, sofort beendet werden. Der störenden Funkstelle ist eine voraussichtliche Wartezeit mitzuteilen.

Ein nicht beantworteter Anruf darf in Abständen von 3 min wiederholt werden. Auch vor einer Wiederholung muss geprüft werden, dass kein anderer Funkverkehr gestört wird und die gerufene Funkstelle nicht mit einer anderen Funkstelle Verkehr abwickelt. In Gebieten, in denen eine zuverlässige Verbindung mit einer gerufenen KüFust möglich ist (*VHF*-Bereich), darf eine rufende SeeFust den Anruf jedoch wiederholen, sobald sie sicher ist, dass die KüFust keinen anderen Verkehr mehr abwickelt.

10.3.2 *IMO SMCP* und Internationales Signalbuch (ISB)

Die IMO-Standardredewendungen für die Seefahrt (*IMO Standard Marine Communication Phrases; SMCP*) [10.3.1, 10.3.2] wurden 2001 als *Resolution A1.918*(*22*) verabschiedet. Gemäß dem internationalen *STCW*-Übereinkommen werden das Verstehen und die Verwendung der IMO-Standardredewendungen für die Zeugniserteilung von nautischen Wachoffizieren auf Schiffen von 500 BRZ und mehr verlangt.

(1) Zielsetzungen und Einordnung der *SMCP* in der Praxis

Die IMO-Standardredewendungen für die Seefahrt wurden entwickelt, um

– die Sicherheit in der Seeschifffahrt zu erhöhen,
– die Sprache zu standardisieren, die zur Verständigung auf See, auf Revieren und Wasserstraßen und in Häfen sowie an Bord von Schiffen mit mehrsprachigen Besatzungen verwendet wird und

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– die schifffahrtsbezogenen Ausbildungsstätten bei der Erreichung der genannten Ziele zu unterstützen.

Die Verwendung der Redewendungen muss in strenger Einhaltung der von der *ITU* in der Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO Funk; engl.: *Radio Regulations; RR*) festgelegten Verfahren erfolgen. Den *SMCP* sollte immer der Vorzug gegeben werden gegenüber anderen Formulierungen mit ähnlicher Bedeutung. Insbesondere sollte der Aufbau der Redewendungen nicht verändert werden. Die IMO-Redewendungen sollen sich zu einer anerkannten Sicherheitssprache auf der Grundlage des Englischen für den mündlichen Austausch von Informationen zwischen den Menschen aller Nationen, die Seeschifffahrt betreiben, entwickeln. Eine CD, die mit der gewünschten Aussprache der Redewendungen vertraut machen soll, kann bei der IMO angefordert werden.

Die IMO-Redewendungen gliedern sich in zwei Teile:

– Teil A: externe Kommunikation
– Teil B: Kommunikation an Bord

Teil A kann als Ablösung des Seefahrtstandardvokabulars von 1985 angesehen werden. Ergänzt wird dieser Teil durch wichtige Redewendungen aus den Bereichen Schiffsführung und Sicherheit der Schifffahrt. Teil B bezieht sich auf andere sicherheitsbezogene Redewendungen an Bord, die als nützliche Ergänzung zu Teil A auch für die Ausbildung im maritimen Englisch anzusehen sind.

(2) Wesentliche kommunikative Merkmale der *SMCP*

Die *SMCP* bauen auf Grundkenntnisse in der englischen Sprache auf. Sie wurden absichtlich in einer vereinfachten Form des maritimen Englisch abgefasst. Die *SMCP* verwenden als wesentliches Merkmal standardisierte Strukturen. Diese unterstützen in erster Linie die Verminderung von Missverständnissen in der verbalen Kommunikation. Dabei berücksichtigen die *SMCP* den aktuellen maritimen englischen Sprachgebrauch an Bord in der Schiff-Land- und der Schiff-Schiff-Kommunikation. Dies bedeutet, dass in den Redewendungen, die für Gefahren- und andere Situationen angeboten werden, welche einem erheblichen Zeitdruck oder psychologischem Stress unterliegen sowie in Navigationswarnungen eine Blocksprache verwendet wird. Die Funktionswörter *„the", „a/an", „is/are"* werden entweder ausgelassen oder nur sparsam verwendet, wie es in der Seefahrtpraxis üblich ist. Die Nutzer können allerdings in dieser Hinsicht flexibel sein.
Die IMO-Redewendungen ersetzen nicht das Internationale Signalbuch (ISB).

(3) Verwendung des ISB im Sprechfunkverfahren

Das Internationale Signalbuch von 1969 ergänzt insbesondere mit dem ärztlichen Abschnitt, der mit Hilfe der Weltgesundheitsorganisation zusammengestellt wurde, die *IMO-SMCP*. Die in den beiden Teilen

I. Ersuchen um ärztliche Hilfe,
II. Ärztlicher Rat

und in den Ergänzungstafeln M1 bis M3 (M1: Einteilung des Körpers, M2: Liste der wichtigsten Krankheiten, M3: Liste der Medikamente) aufgeführten Erläuterungen, Anweisungen und Informationen sind Gegenstand der medizinischen Ausbildung für die nautischen Schiffsoffiziere. Erleichtert wird der Gebrauch des ärztlichen Abschnittes durch alphabetische Sachregister. Alle zur Verfügung gestellten Formulierungen, Beschreibungen und Bezeichnungen können sowohl als Klartext im Sprechfunkverfahren als auch als „ISB-Codegruppe" übermittelt werden. Sämtliche Codegruppen des ärztlichen Abschnittes beginnen mit dem Buchstaben M (Medical).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

10.3.3 Anruf und Verkehrsabwicklung

(1) Sprechfunkanrufe

Jeder Funkverkehr wird grundsätzlich mit einem „Anruf“ eingeleitet. Vorgeschrieben ist für Sprechfunkanrufe folgendes Grundmuster (Funkmeldung 10.3.1):

- höchstens dreimal den Namen der gerufenen Funkstelle,
- die Wörter HIER IST oder THIS IS oder DE (gesprochen: DELTA ECHO),
- höchstens dreimal den Namen der rufenden Funkstelle und
- einmal das Rufzeichen der rufenden Station.

Farsund Radio Farsund Radio Farsund Radio
THIS IS
Holstein Holstein Holstein / DLOF
I have a phone call to Hamburg, (over)

Funkmeldung 10.3.1: Sprechfunkanruf – Grundmuster

Die Namen der Funkstellen sollten nur bei störungsarmen Verbindungen (*VHF*) weniger als dreimal genannt werden. Bei guten Bedingungen ist auch der Grund für den Anruf (Gesprächsanmeldung, *Travelreport* (*TR*), usw.) anzugeben. Im Simplex- oder Semi-Duplex-Verkehr ist abschließend das Wort *„over“* zu sprechen. *Over* zeigt der gerufenen Funkstelle an, dass sie antworten soll. Die größeren *MF*-KüFust für den öffentlichen Nachrichtenaustausch sind ununterbrochen auf 2182 kHz hörbereit. Zusätzlich sind viele KüFust ununterbrochen oder zu bestimmten Zeiten auf einer oder mehreren Schiff-Land-Frequenzen (Arbeitsfrequenzen) hörbereit. Auf diesen nationalen Schiff-Land-Frequenzen sollen die KüFust, möglichst auch von den SeeFust anderer Länder, gerufen werden, um die Frequenz 2182 kHz zu entlasten. Anrufe auf 2182 kHz dürfen nicht länger als 1 min dauern. Bevor eine Station auf 2182 kHz sendet, muss sie sich vergewissern, dass kein Notverkehr läuft.

(2) Anrufverfahren mittels *DSC* im *MF*-(GW)-Bereich

Soweit möglich sollten KüFust zur Abwicklung von öffentlichem Funkverkehr mit dem Digitalen Selektivrufverfahren (*DSC*) angerufen werden. Der Anruf wird von der SeeFust auf der *DSC*-Frequenz 2189,5 kHz gesendet. Die KüFust antwortet auf 2177 kHz. Die angerufene KüFust teilt in der *DSC*-Empfangsbestätigung die für die Gesprächsabwicklung vorgesehenen Sendefrequenzen (z. B.: KüFust: 1785 kHz; SeeFust: 2129 kHz) mit. Nach dem Umschalten auf diese Sprechfunkfrequenzen (aktuelle *MF-DSC*-Funkanlagen schalten automatisch um) muss die SeeFust warten, bis die angerufene KüFust den Sprechfunkverkehr aufnimmt.

a) Verkehrsaufnahme (Funkmeldung 10.3.2) und -abwicklung (Funkmeldungen 10.3.3 bis 10.3.5)

211206270 (MMSI der SeeFust Holstein)
THIS IS
Farsund Radio
good morning, what can I do for you?

Funkmeldung 10.3.2: KüFust „Farsund Radio“ – Aufnahme des Verkehrs auf 1785 kHz

Farsund Radio
THIS IS
211206270 / Holstein / DLOF
I have a phone call to Germany; country code: 0049,
area code: 40, phone number:
890 xxx-xxx, MY ACCOUNTING CODE IS DPxx

Funkmeldung 10.3.3: SeeFust „Holstein“ – Antwort mit dem “Anliegen” auf 2129 kHz

Holstein
THIS IS
Farsund Radio
one moment please, I’ll call Germany for you

Funkmeldung 10.3.4: KüFust – Antwort

Holstein
THIS IS
Farsund Radio
Hamburg is in the line, go ahead please

Funkmeldung 10.3.5: KüFust – Meldung nach Bereitstellung der Verbindung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Beendigung des Funkverkehrs (Funkmeldungen 10.3.6 und 10.3.7)

Holstein THIS IS Farsund Radio it was a 6 minutes call, there is no traffic on hand for you, have a nice trip, bye-bye
Funkmeldung 10.3.6: KüFust – Beendigung des Funkverkehrs

Farsund Radio THIS IS Holstein thanks, have a good watch, bye-bye
Funkmeldung 10.3.7: SeeFust – Abschlussmeldung

Ein *MF-DSC*-Anruf für öffentlichen Verkehr darf wiederholt werden, wenn innerhalb von 5 min keine Empfangsbestätigung empfangen wird. Wird auch der Wiederholungsanruf nicht bestätigt, müssen weitere Anrufversuche 15 min zurückgestellt werden.

(3) Schiff-Schiff-Verkehr im *MF-(GW)*-Bereich

Es wird empfohlen, sich nach vorheriger Vereinbarung direkt auf einer Schiff-Schiff-Frequenz oder per *DSC* auf der Frequenz 2177 kHz anzurufen. Die Abwicklung des Verkehrs erfolgt dann im Sprechfunkverfahren auf einer zugelassenen Schiff-Schiff-Frequenz. *DSC*-Routineanrufe sind auf der *DSC*-Not- und Sicherheitsfrequenz 2187,5 kHz nicht gestattet.

(4) Öffentlicher Nachrichtenaustausch im Sprechfunkverfahren im *HF*-(KW)-Bereich

Öffentlicher Nachrichtenaustausch im Sprechfunkverfahren wird im *HF*-Bereich nur noch von sehr wenigen KüFust angeboten. Sprechfunkanrufe, *DSC*-Anrufe und die Verkehrsabwicklung werden im *HF*-Bereich analog zum *MF*-Bereich durchgeführt.

(5) Sprechfunkverkehr im *VHF*-(UKW)-Bereich

Der *VHF*-Bereich für den Sprech-Seefunkdienst liegt zwischen 156 MHz und 174 MHz. Die Kanäle 1 bis 28 und 60 bis 88 stehen zur Verfügung. Seit 1986 darf der *VHF*-Kanal 70 nicht mehr für den Sprechfunkverkehr benutzt werden. Er ist ausschließlich dem *DSC*-Verfahren vorbehalten. Bei Geräten, die vor dem 1. Januar 1986 eingebaut und genehmigt wurden, sind Sprechfunkaussendungen jedoch noch möglich. Durch Sprechfunkaussendungen auf Kanal 70 kann ein *DSC*-Notalarm unter Umständen völlig unterdrückt werden.

Zu beachten: Sprechfunkverkehr auf Kanal 70 ist unzulässig und wird als Verstoß gegen die geltenden Bestimmungen (TKG) des Seefunkdienstes behandelt.

(6) Öffentlicher und nichtöffentlicher Verkehr im *VHF*-Bereich

Im *VHF*-Bereich sind von Bedeutung:

- **Öffentlicher Funkverkehr:** Funkgesprächs-, Funktelegramm- und Fernschreibverkehr über das öffentliche Netz,
- **Nichtöffentlicher Funkverkehr:** Schiffsbetrieblicher Funkverkehr, Revier- und Hafenfunkdienst, Verbindungen über KüFust des Revier- und Hafenfunkdienstes mit dem öffentlichen Fernmeldenetz sind nicht zugelassen. Es dürfen nur Mitteilungen übermittelt werden, die sich auf das Führen, die Fahrt oder die Sicherheit von Schiffen beziehen.

(7) Der *VHF*-Kanal 16

Kanal 16 (156,8 MHz) ist der internationale Not-, Sicherheits- und Anrufkanal. Er darf nur verwendet werden für

- Notanrufe und Notverkehr,
- Aussendung des Dringlichkeitszeichens und von Dringlichkeitsmeldungen,

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- Aussendung des Sicherheitszeichens und von Sicherheitsmeldungen,
- Anrufe und deren Beantwortung nach den Bestimmungen der Verkehrsabwicklung im *VHF*-Bereich,
- die Ankündigung von Sammelanrufen und wichtigen Schiffssicherheitsmeldungen,
- einen kurzen, die Sicherheit der Schifffahrt betreffenden Funkverkehr, wenn es darauf ankommt, dass alle SeeFust, die sich in *VHF*-Reichweite befinden, die Aussendung empfangen und
- Selektivanrufe.

Grundsätzlich sind Aussendungen auf Kanal 16 auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die Übermittlung eines Anrufs und der zusätzlichen Angaben für die Vorbereitung des Verkehrs dürfen nicht länger als 1 min dauern (ausgenommen in Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsfällen). Wenn die Möglichkeit besteht, eine KüFust auf einem Arbeitskanal zu rufen, muss dies getan werden.

(8) Anrufkanäle der Küstenfunkstellen

Im *VHF*-Bereich werden KüFust, die nicht mittels *DSC* erreichbar sind, von SeeFust auf einem ihrer Arbeitskanäle über Sprechfunk angerufen. Ist dieses nicht möglich, dürfen der Anruf und die Beantwortung ausnahmsweise auf Kanal 16 durchgeführt werden. Die KüFust bestimmt den Arbeitskanal für die Verkehrsabwicklung. KüFust des Revier- und Hafenfunkdienstes werden grundsätzlich auf ihrem Arbeitskanal angerufen. Als umfassende Dienstbehelfe (Kap. 10.1.3 (1), (2)) stehen für diesen Bereich die Bände 1 bis 8 *Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operation* der *Admiralty List of Radio Signals, Volume 6* (von vielen Flaggenstaaten auch in elektronischer Form genehmigt) und der *VTS Guide Germany* des BSH zur Verfügung.

(9) Verkürzter *VHF*-Anruf

Wenn die Bedingungen zum Herstellen einer *VHF*-Verbindung gut sind (keine Störungen, gute Lautstärke), ist der Name der gerufenen Funkstelle nur einmal und der Name der rufenden Funkstelle nur zweimal zu sprechen. Im Anruf sind der Grund des Anrufs und, soweit erforderlich, der Arbeitskanal zu nennen (Funkmeldung 10.3.8). Beispiel: Anforderung der Landradarberatung im Bereich Brunsbüttel Radar 1 auf Kanal 62.

Brunsbüttel Radar 1
THIS IS (HIER IST oder DE)
Holstein Holstein / DLOF
Elbe inbound, position near buoy No 51, shore based radar assistance requested

Funkmeldung 10.3.8: Verkürzter *VHF*-Anruf

(10) Schiff-Schiff-Verkehr im *VHF*-Bereich

SeeFust rufen sich untereinander, soweit sie mit *VHF-DSC*-Seefunkanlagen ausgerüstet sind, mittels *DSC* auf Kanal 70. Nicht mit *DSC*-Seefunkgeräten ausgestattete SeeFust werden auf Kanal 16 gerufen. Die Verkehrsabwicklung erfolgt auf einem Schiff-Schiff-Kanal (6, 8, 72, 77, …) entsprechend der Priorität des Verkehrs. Nachrichten „AN ALLE FUNKSTELLEN“ sollten sowohl mittels *DSC* auf Kanal 70 als auch im Sprechfunkverfahren angekündigt werden. Die Meldungen sind auf Kanal 13 oder 16 zu verbreiten.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(11) Schiff-Schiff-Verkehr/Anruf auf Kanal 16 (Funkmeldungen 10.3.9 bis 10.3.13)

Holstein Holstein
HIER IST
Anita Anita / DOAK
ich habe eine Frage
ich gehe auf Kanal 8, over

Funkmeldung 10.3.9: Anruf Schiff-Schiff auf Kanal 16

Anita Anita
HIER IST
Holstein Holstein / DLOF
verstanden
ich gehe auf Kanal 8, over

Funkmeldung 10.3.10: Antwort auf Kanal 16

Holstein
HIER IST
Anita
verstanden, ich höre
auf Kanal 8, over

Funkmeldung 10.3.11: Bestätigung der rufenden SeeFust

Holstein
HIER IST
Anita
hören sie mich? Over

Funkmeldung 10.3.12: Anruf auf dem vereinbarten Arbeitskanal (Kanal 8)

Anita
HIER IST
Holstein
ich höre sie gut, over

Funkmeldung 10.3.13: Antwort auf dem Arbeitskanal (Kanal 8)

Im Weiteren erfolgen die Verkehrsabwicklung und der Verkehrsschluss; dabei ist von den beteiligten Stationen der Schiffsname nur noch einmal zu sprechen. Im Abstand von 15 min sollten die Schiffsnamen durch das Rufzeichen ergänzt werden.

(12) Sprechfunkverkehr zwischen Funkstellen an Bord

Sprechfunkverkehr zwischen Funkstellen an Bord ist ein nichtöffentlicher Funkverkehr für schiffsbetriebliche Zwecke.

Dazu gehören:

- interner Funkverkehr an Bord ein und desselben Schiffes,
- Funkverkehr zwischen Schiff und Rettungsbooten usw.,
- Funkverkehr innerhalb von Schlepp- und Schubverbänden.

In den genannten Fällen dürfen auch Personen die Funkgeräte bedienen, die kein Funkzeugnis haben. Dabei ist zu beachten:

- Im Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland dürfen die tragbaren Funkgeräte nicht an Land benutzt werden.
- Im *VHF*-Bereich sind für den Anruf und die Verkehrsabwicklung die Kanäle 15 und 17 mit maximal 1 Watt Leistung zu benutzen.

Die Hauptfunkstelle eines Schiffes wird durch das Schlüsselwort „CONTROL“ (Brücke) gekennzeichnet. Nebenfunkstellen heißen „ALFA“ (Back), „BRAVO“ (Heck) oder „CHARLIE“ (Büro) usw. Beispiel: Die Station „Holstein Back“ wird von der Station „Holstein Brücke“ gerufen (Funkmeldung 10.3.14).

Holstein ALFA (Back) [höchstens dreimal]
HIER IST (THIS IS)
Holstein CONTROL (Brücke) [höchstens dreimal], over

Funkmeldung 10.3.14: Bordinterner Anruf

10.3.4 Not- und Sicherheitsverkehr im *VHF*-Bereich

Nach Artikel 30.4 der *RR* (deutsch: VO Funk) gelten für alle Schiffe, die die Techniken und Frequenzen des *GMDSS* nutzen, auch die Betriebsbestimmungen des *GMDSS*. „Nicht-*SOLAS*-Schiffe“, die nicht gemäß *GMDSS* ausgerüstet sind, wickeln den Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsverkehr im *VHF*-Bereich nach den Vorschriften des Sprech-Seefunkdienstes ab. Ein Beschluss des IMO-Unterausschusses Suche und Rettung (*COMSAR 8*) fordert auch weiterhin – wann immer es möglich ist – die Hörwache auf *VHF*-Kanal 16 für *SOLAS*-Schiffe.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Damit soll sichergestellt werden, dass ein Sprechfunkkanal für die Notalarmierung und den Notverkehr für „Nicht-*SOLAS*-Schiffe“ zur Verfügung steht und alle Schiffe in *VHF*-Reichweite untereinander über einen Anrufkanal verfügen.

(1) Seenotfall – Notverkehr

Ein Seenotfall liegt vor, wenn ein Schiff oder eine Person von einer unmittelbaren Gefahr bedroht ist und sofortige Hilfe benötigt. Ob ein Seenotfall vorliegt entscheidet der Kapitän. Das Sprechfunk-Notzeichen besteht aus dem Wort „MAYDAY“.

Notverkehr hat Vorrang vor allen anderen Aussendungen und wird vorzugsweise auf dem Not-, Sicherheits- und Anrufkanal, Kanal 16 (156,8 MHz), abgewickelt. Notmeldungen dürfen auch auf jeder anderen Frequenz ausgesendet werden. Grundsätzlich dürfen Funkstellen in Not alle Mittel benutzen, um Hilfe zu erlangen. Die Not kennt kein Gebot!

Insbesondere beim Sprechfunk-Notverkehr sind die folgenden Regeln zu beachten:

– Es ist so langsam zu sprechen, dass die wesentlichen Inhalte der Meldungen unter Verwendung üblicher Abkürzungen handschriftlich aufgezeichnet werden können.
– Wann immer möglich, sind die *IMO SMCP*-Redewendungen zu benutzen.
– Schwierige Wörter und Zahlen sind zu wiederholen und zu buchstabieren. Es ist die Buchstabiertafel aus dem ISB zu benutzen.
– Alle Zahlengruppen (*MMSI*, Position, usw.) sind ziffernweise zu sprechen.
– Es dürfen nur bekannte Abkürzungen benutzt werden. Dazu gehören z. B. die gebräuchlichen Q-Gruppen [10.3.3, 10.3.4].
– Code-Gruppen aus dem ISB werden mit *„INTERCO“* angekündigt.

(2) Notanruf – Notmeldung

Der Notanruf ist immer an alle gerichtet. Der Notanruf und die Notmeldung dürfen nur auf Anordnung des Kapitäns ausgesendet werden. Bestätigt werden darf erst nach der Übermittlung der Notmeldung. Der Notanruf hat absoluten Vorrang vor jedem anderen Verkehr. Wird ein Notanruf gehört,

– muss jede Störung des Notverkehrs vermieden werden,
– muss der Notanruf aufgezeichnet werden (Funktagebuch oder Seetagebuch),
– muss die Meldung beantwortet werden (Bestätigung),
– muss alles Erforderliche zur Hilfeleistung veranlasst werden,
– muss versucht werden, den Havaristen zu orten.

(3) Aussenden des Notanrufs und der Notmeldung auf Kanal 16

Die Seenotalarmierung besteht aus

– dem Notanruf,
– der Notmeldung,
– zwei Peilstrichen (etwa 10 s Dauer) und
– dem Namen mit dem buchstabierten Rufzeichen der SeeFust in Not (als Unterschrift) nach längeren Meldungen.

Wenn die SeeFust in Not keine Antwort auf ihre Notmeldung erhält, muss sie den Notanruf und die Notmeldung in Abständen (etwa 3 bis 4 min) wiederholen. Bevor ein Schiff völlig aufgegeben wird, sollen die Funkgeräte, falls erforderlich und möglich, auf ununterbrochenes Senden geschaltet werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(4) Bestätigung einer Notmeldung

Die Reihenfolge der Bestätigungen wird durch die Position des Havaristen bestimmt. Es ist zu unterscheiden:

- Eigene SeeFust liegt ganz in der Nähe des Havaristen: Es muss sofort der Kapitän informiert werden. Der Empfang der Notmeldung muss – auf Anweisung des Kapitäns – sofort bestätigt werden.
- Eine KüFust liegt in der Nähe des Havaristen: SeeFust stellen die Bestätigung für kurze Zeit zurück, damit die KüFust zuerst bestätigen kann.
- Position der SeeFust in Not liegt mit Sicherheit nicht in der Nähe der eigenen SeeFust: Mit der Empfangsbestätigung ist etwas zu warten, um die Bestätigung näher liegender Funkstellen nicht zu stören.
- Havarist sehr weit entfernt und die eigene SeeFust kann mit Sicherheit keine Hilfe leisten: Der Empfang der Notmeldung braucht nur dann bestätigt werden, wenn keine andere Funkstelle bestätigt. Anschließend ist mit einer Mayday Relay-Meldung die zuständige Seenotleitstelle (*MRCC; Maritime Rescue Coordination Centre*) oder eine KüFust zu informieren.

(5) Informationen der bestätigenden Funkstelle an den Havaristen

Jede SeeFust, die den Empfang einer Notmeldung bestätigt, muss anschließend auf Anordnung des Kapitäns dem Havaristen sobald wie möglich folgende Informationen in der angegebenen Reihenfolge übermitteln (Notzeichen und Anruf sind voranzustellen):

- Schiffsname und Rufzeichen,
- Standort,
- Geschwindigkeit und voraussichtliche Ankunftszeit,
- gegebenenfalls bei ungenauer Notposition die rwP des Schiffes in Not (falls vorhanden).

Vor der Aussendung dieser Meldung ist sicherzustellen, dass die Aussendungen von anderen Funkstellen, die einen günstigeren Standort für eine Hilfeleistung haben, nicht gestört werden. Der Havarist bestätigt den Empfang.

(6) Notverkehr

Der Notverkehr umfasst alle Informationen über die Art des Notfalls, die gewünschten Hilfeleistungen, die erforderlichen Such- und Rettungsarbeiten, die Hilfsangebote sowie den Funkverkehr vor Ort bis zur Beendigung des Notverkehrs. Beim Notverkehr sind folgende Formvorschriften und Zuständigkeiten zu beachten:

- Jedem Anruf und jeder Meldung muss das Notzeichen „MAYDAY“ vorangestellt werden.
- Die Koordinierung des Funkverkehrs vor Ort obliegt dem Havaristen oder dem am besten geeigneten Fahrzeug vor Ort (*On Scene Coordinator; OSC*).
- Der Havarist, der *On Scene Coordinator* und die beteiligte KüFust bzw. Rettungsleitstelle dürfen störenden Funkstellen Funkstille auferlegen (SILENCE MAYDAY).
- Jede andere Funkstelle kann Funkstille fordern (SILENCE DETRESSE).
- Der Notverkehr muss beobachtet werden und in das Funktagebuch oder Seetagebuch eingetragen werden (möglichst wörtlich).
- Kann das eigene Schiff nicht helfen und ist ausreichende Hilfe sichergestellt, darf die Beobachtung eingestellt werden.
- Es besteht ein Sendeverbot für unbeteiligte Funkstellen auf den Frequenzen, auf denen der Notverkehr abgewickelt wird.
- Ist die Beobachtung gewährleistet und wird sie nicht gestört, darf auf anderen Frequenzen gesendet werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Eine von der vor Ort leitenden Funkstelle (*OSC*) „AN ALLE FUNKSTELLEN“ gerichtete Meldung mit dem Schlüsselbegriff PRUDENCE erlaubt eingeschränkten Funkbetrieb auf den Notfrequenzen während des Notfalls.
– Eine von der leitenden Funkstelle (*OSC*) „AN ALLE FUNKSTELLEN“ gerichtete Meldung mit dem Schlüsselbegriff SILENCE FINI beendet den Notverkehr. Die Zeitangabe in der Schlussmeldung ist die Aufgabezeit der Meldung zur Beendigung des Notverkehrs.

Dringlichkeits- und Sicherheitsmeldungen dürfen während einer Pause im Notverkehr nur in verkürzter Form angekündigt werden. Dabei ist der Arbeitskanal, auf dem die Meldung ausgesendet werden soll, zu nennen.

(7) Beispiel einer Verkehrsabwicklung im Seenotfall auf *VHF*-Kanal 16

a) Seenotalarmierung (Funkmeldungen 10.3.15 bis 10.3.18)

MAYDAY MAYDAY MAYDAY
THIS IS
Holstein Holstein Holstein / DLOF

Funkmeldung 10.3.15: Notanruf

MAYDAY
Holstein / DLOF
position 57-12 N 002-25 E (I repeat my Pos…)
on fire
assistance urgently requested, over

Funkmeldung 10.3.16: Notmeldung

Drücken der Sprechtaste (2x 10 Sekunden)

Funkmeldung 10.3.17: Peilstriche

Holstein / DLOF, over

Funkmeldung 10.3.18: „Unterschrift“

b) Bestätigung der Notmeldung (zuerst KüFust, wenn in der Nähe, dann SeeFust) (Funkmeldungen 10.3.19, 10.3.20)

MAYDAY
Holstein Holstein Holstein / DLOF
THIS IS
Meteor Meteor Meteor/ DHPX
RECEIVED MAYDAY, over

Funkmeldung 10.3.19: Anruf und Bestätigung

MAYDAY
Meteor / DHPX
THIS IS
Holstein / DLOF
understood, over

Funkmeldung 10.3.20: Antwort des Havaristen

c) Abgabe des Hilfsangebots (Funkmeldung 10.3.21) auf Anordnung des Kapitäns (Sprechpause abwarten) und Antwort des Havaristen (Funkmeldung 10.3.22)

MAYDAY
Holstein / DLOF
THIS IS
Meteor / DHPX
my position is 27 nm west of your position,
speed 15 kn, ETA in approximately 2 hours, over

Funkmeldung 10.3.21: Hilfsangebot

MAYDAY
Meteor / DHPX
THIS IS
Holstein / DLOF
understood, over

Funkmeldung 10.3.22: Antwort des Havaristen

d) Anita/DOAK stört den Seenotverkehr (Funkmeldungen 10.3.23, 10.3.24)

Anita SILENCE MAYDAY

Funkmeldung 10.3.23: Havarist oder OSC gebietet Funkstille

Anita SILENCE DETRESSE, DHPX

Funkmeldung 10.3.24: Hilfsfahrzeug *(Meteor/DHPX)* fordert Funkstille

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

e) Beendigung des Notverkehrs (Aufheben der Funkstille) (Funkmeldungen 10.3.25, 10.3.26)

MAYDAY
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Meteor / DPHX
1700 Holstein / DLOF SEELONCE FEENE, out

Funkmeldung 10.3.25: Hilfsfahrzeug *(Meteor)* beendet den Notverkehr

MAYDAY
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Holstein / DLOF
1700 Holstein / DLOF SEELONCE FEENE, out

Funkmeldung 10.3.26: Havarist (Holstein) beendet den Notverkehr

f) Meldung über die Wiederaufnahme eines eingeschränkten Betriebes auf den Notfrequenzen (Funkmeldung 10.3.27)

MAYDAY
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Holstein / DLOF
1700 Holstein / DLOF PRUDENCE, out

Funkmeldung 10.3.27: Eingeschränkter Funkbetrieb auf Notfrequenzen wird gestattet

8) Aussenden von Peilzeichen auf *VHF*-Kanal 16

Es gibt bisher wenige SeeFust, die den Kanal 16 peilen können (z. B. Fahrzeuge der DGzRS). Zunehmend werden *VHF*-KüFust mit Peileinrichtungen ausgerüstet. In deren Sendegebieten unterstützten die Peilzeichen die Suche und Rettung.

(9) Weiterverbreitung von Notmeldungen (*Mayday Relay*)

MAYDAY RELAY MAYDAY RELAY MAYDAY RELAY
THIS IS
Nordland Nordland Nordland / DDUZ
at 0530 UTC heard on VHF channel 16
MAYDAY
Frauke / DADY
position 61-10 N 003-45 E
heavy list, making water, require assistance urgently
THIS IS
Nordland / DDUZ, over

Funkmeldung 10.3.28: *Mayday Relay*-Meldung – Weiterverbreitung des Notfalls „Frauke“ durch „Nordland“

In den folgenden Fällen müssen SeeFust eine empfangene Notmeldung oder einen beobachteten Notfall weiterverbreiten:

- Die SeeFust in Not kann selbst nicht mehr senden.
- Weitere Hilfe wird für erforderlich gehalten.
- Die empfangene Notmeldung ist von keiner anderen SeeFust bestätigt worden und mit dem eigenen Schiff kann nicht geholfen werden.

Eine *Mayday Relay*-Aussendung hat auf Kanal 16 zu erfolgen (Funkmeldung 10.3.28).

Eine von einer KüFust verbreitete *Mayday Relay*-Meldung darf nur bestätigt werden, wenn Hilfe geleistet werden kann.

(10) Dringlichkeitszeichen – Dringlichkeitsmeldungen

Im Sprechfunk besteht das Dringlichkeitszeichen aus der Gruppe der Wörter „PAN PAN“. Es ist vor dem Anruf dreimal zu sprechen. Es kündigt eine Dringlichkeitsmeldung an, die die Sicherheit eines Schiffes oder einer Person betrifft. Dringlichkeitsmeldungen haben Vorrang vor allen anderen Aussendungen, ausgenommen Notverkehr.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Verfahrens- und Formvorschriften:

- Dringlichkeitszeichen und -meldungen dürfen nur mit Genehmigung des Kapitäns gesendet werden.
- Das Dringlichkeitszeichen wird im *VHF*-Bereich auf Kanal 16 gesendet.
- Dringlichkeitsmeldungen werden im Allgemeinen auf Kanal 16 übermittelt.
- Die Verbreitung der Meldung muss jedoch auf einem Arbeitskanal erfolgen:
  - bei langen Meldungen (>1 Minute),
  - bei ärztlichen Ratschlägen,
  - bei Wiederholungen.
- Dringlichkeitsmeldungen dürfen an alle Funkstellen oder an eine bestimmte Funkstelle gesendet werden.
- Funkstellen müssen alle Aussendungen unterlassen, die die Dringlichkeitsmeldung stören könnten.
- Wird ein Dringlichkeitszeichen empfangen, muss diese Frequenz mindestens 3 min abgehört werden. Folgt in dieser Zeit keine Dringlichkeitsmeldung, ist – wenn möglich – eine KüFust über den Empfang des Dringlichkeitszeichens zu unterrichten. Danach darf die SeeFust den normalen Funkbetrieb wieder aufnehmen.
- Werden durch eine Dringlichkeitsmeldung, z. B. „schwer verletzte Person an Bord", Maßnahmen von anderen SeeFust gefordert, ist die Dringlichkeitsmeldung sofort zu widerrufen, wenn die Maßnahmen nicht mehr erforderlich sind.

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
we are running aground near Hammerodde Bornholm,
tug assistance requested, over

Funkmeldung 10.3.29: Erstaussendung einer Dringlichkeitsmeldung auf Kanal 16

Die Ankündigung und die Erstaussendung einer Dringlichkeitsmeldung erfolgen auf Kanal 16 (Funkmeldung 10.3.29).

Wiederholungsaussendungen werden auf Kanal 16 nur angekündigt (Funkmeldungen 10.3.30, 10.3.31).

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
please listen on channel 6, over

Funkmeldung 10.3.30: Ankündigung der Dringlichkeitsmeldung auf Kanal 16

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
we are running aground near Hammerodde Bornholm,
tug assistance requested
I am listening on channel 16, over

Funkmeldung 10.3.31: Aussendung der Wiederholungsmeldung auf Kanal 6

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
Lyngby Radio Lyngby Radio Lyngby Radio
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
medical assistance requested, (over)

Funkmeldung 10.3.32: Dringlichkeitsmeldung an eine KüFust

Aussendung einer Dringlichkeitsmeldung an eine bestimmte Funkstelle (Funkmeldung 10.3.32) – KüFust sind möglichst auf einem Arbeitskanal anzurufen, sonst auf Kanal 16.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Ingrid Ingrid Ingrid / DHGR
cancel my urgency message of 140930, out

Funkmeldung 10.3.33: Aufhebung einer Dringlichkeitsmeldung

Die Aufhebung einer Dringlichkeitsmeldung ist an alle beteiligten Stationen zu senden (Funkmeldung 10.3.33).

PAN PAN
THIS IS
Ingrid / DHGR
please listen on channel 6, over

Funkmeldung 10.3.34: Ankündigung in Kurzform

Ist Kanal 16 mit Seenotverkehr belegt, darf eine Dringlichkeitsmeldung nur in Kurzform (Sprechpause abwarten) angekündigt werden, damit der Notverkehr nicht gestört wird (Funkmeldung 10.3.34).

(11) Sanitätstransporte

Zur Ankündigung und Kennzeichnung von Sanitätstransporten (*Medical transport*), die durch die Genfer Konvention von 1949 und die Zusatzprotokolle zu dieser Konvention geschützt sind, ist nach dem Dringlichkeitszeichen einmal das Wort „MEDICAL“ zu sprechen.

(12) Ärztliche Ratschläge

Die deutsche KüFust „DP07 Seefunk“ und bedeutende ausländische KüFust vermitteln den SeeFust auf Ersuchen ärztliche Ratschläge. Anrufe mit der Bitte um einen ärztlichen Ratschlag werden mit „RADIOMEDICAL“ und Name der KüFust eingeleitet. Die Inanspruchnahme dieses Dienstes ist kostenlos. In dringenden Fällen ist das Dringlichkeitszeichen erlaubt.

(13) Sicherheitszeichen und Sicherheitsmeldungen

Im Sprechfunk besteht das Sicherheitszeichen aus dem französischen Wort „SECURITE“. Es ist vor dem Anruf dreimal zu sprechen. Es kündigt eine sehr sicherheitsrelevante wichtige nautische Warnung oder eine wichtige Wetterwarnung an. Verfahrensvorschriften:

- Das Sicherheitszeichen wird im *VHF*-Bereich auf Kanal 16 gesendet.
- Sicherheitsmeldungen können auf Kanal 16 oder einem Arbeitskanal übermittelt werden. Der Arbeitskanal wird am Ende des Anrufs angegeben.
- Sicherheitsmeldungen können an alle Funkstellen oder an eine bestimmte Funkstelle gerichtet werden.
- Gefährliches Eis, gefährliche Wracks oder jede andere, die Schifffahrt bedrohende Gefahr sowie Wirbelstürme müssen unverzüglich an alle Funkstellen verbreitet werden. Die Aussendung ist zu wiederholen. Außerdem ist die nächst erreichbare KüFust zu unterrichten.
- Nur im *VHF*-Bereich verbreitete Sicherheitsmeldungen sind, wenn möglich, an die nächst erreichbare KüFust zu übermitteln.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Ankündigung einer Sicherheitsmeldung auf Kanal 16 (Funkmeldung 10.3.35) und anschließende Aussendung der Sicherheitsmeldung auf Kanal 6 (Funkmeldung 10.3.36).

SECURITE SECURITE SECURITE
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
please listen on channel 6, over

Funkmeldung 10.3.35: Ankündigung der Sicherheitsmeldung auf Kanal 16

SECURITE SECURITE SECURITE
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU
traffic separation area german bight, light buoy delta bravo 6 unlit
please listen on channel 16, over

Funkmeldung 10.3.36: Aussendung der Meldung auf Kanal 6

Aussendung einer Sicherheitsmeldung an eine bestimmte Funkstelle (Funkmeldung 10.3.37): KüFust sind möglichst auf einem Arbeitskanal anzurufen, sonst auf Kanal 16.

SECURITE SECURITE SECURITE
Lyngby Radio Lyngby Radio Lyngby Radio
THIS IS
Karin Karin Karin / DIWU, over

Funkmeldung 10.3.37: Sicherheitsanruf an eine KüFust

Lyngby Radio antwortet und Karin sendet die Meldung auf einem von Lyngby Radio vorgegebenen Arbeitskanal (duplex). Das Sicherheitszeichen ist bei der Übermittlung der Meldung nicht mehr zu sprechen.

Weiterhin gilt:

- Sicherheitsfunkverkehr hat Vorrang vor Routinefunkverkehr und schiffsdienstlichen Aussendungen, d. h. ein laufender Routinefunkverkehr darf für die Verbreitung einer Sicherheitsmeldung unterbrochen werden.
- Viele KüFust verbreiten nautische Warnnachrichten nach einem festen Sendeplan. Vitale nautische Warnnachrichten (Warnnachrichten von überragender Bedeutung) werden auf Kanal 16 angekündigt.
- In außergewöhnlichen Fällen dürfen Sicherheitsmeldungen auch während eines laufenden Notverkehrs in Kurzform (siehe Dringlichkeitsverkehr) auf Kanal 16 angekündigt werden.

10.4 Weltweites Seenot- und Sicherheitsfunksystem (*GMDSS*)

Mit der Einführung der Teilsysteme und der Betriebsverfahren des ***Global Maritime Distress and Safety Systems* (*GMDSS*)** sind fast alle technischen Mängel des „alten" Sicherheitsfunksystems behoben worden. Die volle Funktionalität des Systems wird jedoch nur erreicht, wenn die geplante landseitige Ausrüstung abgeschlossen und die in den Dienstbehelfen (Kap. 10.1.3 (2)) festgelegten Betriebsverfahren präzise eingehalten werden.

Zu beachten: Für den sicheren *GMDSS*-Betrieb sollten für alle an Bord installierten *GMDSS*-Teilsysteme/Geräte, inklusive *EPIRB*, *SART*(*s*) und Notstromversorgung, Kurzbedienungsanleitungen für die sicherheitsrelevanten Elementarfunktionen erstellt werden und immer offen im Bereich der *GMDSS*-Funkstation ausliegen.

10.4.1 Grundelemente des *GMDSS*

Jedes vollständig nach *GMDSS* ausgerüstete Schiff hat mindestens zwei unabhängig voneinander arbeitende Alarmierungssysteme an Bord. Dabei werden folgende Techniken verwendet:

- Digitales Selektivrufverfahren (*DSC*),
- Satellitentechnik (*Inmarsat*-System und *COSPAS-SARSAT*-System).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Im Wesentlichen zielt *GMDSS* darauf ab, dass Such- und Rettungseinrichtungen an Land sowie die Schifffahrt in der Nähe eines Schiffes in Not durch das am besten geeignete *GMDSS*-Teilsytem alarmiert werden. Dadurch wird erreicht, dass koordinierte Such- und Rettungsmaßnahmen ohne Zeitverlust eingeleitet werden können. Außerdem werden im *GMDSS* für alle Teilsysteme Betriebsverfahren zur sicheren Abwicklung des Not-, Dringlichkeits- und Sicherheitsverkehrs vorgegeben [10.4.1, 10.3.4]. Zusätzlich sorgt ein weltumfassendes Netz von Informationsdiensten dafür, dass der Schifffahrt in allen Seegebieten Sicherheitsinformationen zur Vermeidung von Gefahrensituationen und Seenotfällen zur Verfügung gestellt werden.

Die Verbindungsaufnahme im *GMDSS* erfolgt weitestgehend automatisch. In Notfällen werden die Rettungsleitstellen (*RCC/Rescue Coordination Centre* bzw. *MRCC/Maritime Rescue Coordination Centre*) in kürzester Zeit informiert. Die Aufnahme, Aufzeichnung und Speicherung von Seenot-, Dringlichkeits- und Schiffssicherheitsmeldungen an Bord erfolgt durch Wachempfänger. Hörwachen durch einen Funker (Wachoffizier) sind kaum noch erforderlich. Die Ausrüstung der Schiffe mit Funkanlagen ist im Wesentlichen von seinem Einsatzgebiet abhängig. Ein besonders ausgebildeter Funkoffizier wird nicht mehr gefordert. Jeder, der ein den installierten Funkgeräten entsprechendes *GMDSS*-Betriebszeugnis besitzt, darf die Anlage bedienen.

Unabhängig vom Einsatzgebiet erfüllt jede vollständige *GMDSS*-Anlage neun Grundfunktionen:

- Senden von Notalarmierungen in Richtung Schiff–Land über mindestens zwei getrennte und unabhängige Wege, die verschiedene Funksysteme verwenden,
- Empfangen von Notalarmen in der Verkehrsrichtung Land–Schiff,
- Senden und Empfangen von Notalarmen in Richtung Schiff–Schiff,
- Koordinierungsfunkverkehr für Such- und Rettungsmaßnahmen,
- Funkverkehr vor Ort bei Suche und Rettung,
- Senden und Empfangen von Zeichen zur Standortfeststellung,
- Senden und Empfangen von Nachrichten für die Sicherheit der Seeschifffahrt,
- Durchführung von allgemeinem Funkverkehr,
- Funkverkehr Brücke zu Brücke.

Die ersten drei Funktionen beinhalten die Notalarmierung. Im Notfall sollen die Stationen informiert werden, die unter Berücksichtigung der Seenotposition am wirksamsten zur Hilfeleistung in der Lage sind. Das *GMDSS*-System ist so konzipiert, dass ein Schiff mit einer vollständigen *GMDSS*-Anlage jederzeit weltweit eine sichere Notalarmierung an eine Landstation senden und eine Empfangsbestätigung empfangen kann.

Die Notalarme werden in Abhängigkeit vom verwendeten System automatisch aufgezeichnet:

- von KüFust und SeeFust mit *DSC*-Wachempfängern, wenn die Notalarmierung mittels *DSC* (*VHF, MF, HF*) oder *VHF-EPIRB* erfolgt,
- von Küsten-Erdfunkstellen des *Inmarsat*-Systems (*CES; Coast Earth Station*), wenn die Notalarmierung mit *Inmarsat B*-, *C*- oder *Fleet 77*-Anlagen erfolgt,
- von Erdfunkstellen des *COSPAS-SARSAT*-Systems (*LUT; Local User Terminal*), wenn die Notalarmierung über die 406 MHz-*EPIRB* erfolgt.

10.4.2 Seegebiete und Teilsysteme des *GMDSS*

(1) Seegebiete im *GMDSS*

Die Einteilung der Seegebiete in vier Kategorien richtet sich nach den landseitig zur Verfügung stehenden Funkeinrichtungen und deren Reichweite. Die Einrichtung der jeweiligen Seegebiete wird von den zuständigen Verwaltungen vorgenommen und in den *GMDSS Master Plan* der IMO übernommen. Dabei ist

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– Seegebiet A1: Ein – von einer Vertragsregierung festgelegtes – Seegebiet innerhalb der Sprechfunkreichweite mindestens einer *VHF*-KüFust, die ununterbrochen für *DSC*-Alarmierungen zur Verfügung steht;
– Seegebiet A2: Ein – von einer Vertragsregierung festgelegtes – Seegebiet (ohne Seegebiet A1) innerhalb der Sprechfunkreichweite mindestens einer *MF*-KüFust, die ununterbrochen für *DSC*-Alarmierungen zur Verfügung steht;
– Seegebiet A3: Ein Gebiet (ohne Seegebiete A1 und A2) innerhalb der Überdeckung eines geostationären *Inmarsat*-Satelliten, der ununterbrochen für Alarmierungen zur Verfügung steht;
– Seegebiet A4: Ein Seegebiet außerhalb der Seegebiete A1, A2 und A3.

(2) Das Digitale Selektivrufsystem *(DSC)*

Als Teilsystem des *GMDSS* ist im terrestrischen Seefunkdienst ein digitales Selektivrufsystem (*DSC; Digital Selective Calling*) eingeführt worden. *DSC* ist ein Schmalband-Telex-Anrufsystem und arbeitet im *VHF*-, *MF*- und *HF*-Bereich. Neben den Satellitensystemen bildet *DSC* das zweite Standbein im *GMDSS*. Es unterstützt folgende *GMDSS*-Funktionen:

– Notalarmierung (*distress alert*) in den Verkehrsrichtungen Schiff–Land, Land–Schiff und Schiff–Schiff,
– Weiterleitung eines Notalarms (*distress relay*) in der Richtung
  – Schiff–Land (an eine einzelne KüFust) und
  – Schiff–Schiff (nur in besonderen Fällen),
– Dringlichkeits- und Sicherheitsanrufe,
– Anrufe im öffentlichen Verkehr (Routineanrufe).

(3) Satellitenfunksysteme

Im *GMDSS* werden zwei Satellitensysteme benutzt: das *Inmarsat*-System und das *COSPAS-SARSAT*-System. Über *Inmarsat* ist es möglich, Nachrichten und Daten aller Art auszutauschen. Das *COSPAS-SARSAT*-System wird nur für die Alarmierung und Kennzeichnung der Notfallposition verwendet. Zurzeit (2016) gibt es keine Kommunikation zwischen dem *COSPAS-SARSAT*- und dem *Inmarsat*-System.

a) Das *Inmarsat*-System

Das *Network Operations Centre* (*NOC*) der *Inmarsat*-Organisation in London ist mit den vier *Network Coordination Stations* (*NCSs*) der *Inmarsat*-Abdeckungsgebiete verbunden. Die *NCSs* koordinieren die Betriebsabläufe der Satelliten. Monitor-Einrichtungen zwischen dem *NOC* und den *NCSs* ermöglichen es, die Kommunikation im Sendernetz zu beobachten, zu kontrollieren und zu koordinieren. Das *NOC* kann über die *NCSs Inmarsat*-Systemmessages z. B. Statusmeldungen über die Betriebsbereitschaft einzelner Satelliten an alle oder einzelne mobile Satelliten-Anlagen senden. Alle Satelliten des *Inmarsat*-Systems sind geostationär, d. h. sie sind in etwa 36 000 km über dem Äquator positioniert. Die Bezeichnungen der aktuell genutzten *Inmarsat* 1-3 Satelliten sind aus den Abdeckungsgebieten abgeleitet (Tabelle 10.4.1).

Bezeichnung	Abkürzung (Abdeckungsgebiet)	Position
Atlantik-Ost	*AOR-E* (*Atlantic Ocean Region East*)	015°30’ W
Atlantik-West	*AOR-W* (*Atlantic Ocean Region West*)	054°00‘ W
Indischer Ozean	*IOR* (*Indian Ocean Region*)	064°00’ E
Pazifik	*POR* (*Pacific Ocean Region*)	178°00’ E

Tabelle 10.4.1: Bezeichnungen, Abdeckungsgebiete und Positionen der *Inmarsat* 1-3 Satelliten

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Für jedes Gebiet steht ständig mindestens ein einsatzbereiter Ersatzsatellit zur Verfügung. Die *Inmarsat*-Satelliten „leuchten" die Erdoberfläche zwischen etwa 76° S und 76° N aus. Für jede Region stehen mehrere Küsten-Erdfunkstellen (*CES; Coast Earth Station*) als Überleitstellen in die Landnetze zur Verfügung. Aufgrund der Überschneidungen der einzelnen Bedeckungsbereiche der Satelliten können die Nutzer in vielen Gebieten zwischen mehreren Satelliten wählen. Das *Inmarsat*-System besteht aus folgenden Segmenten:

– den *Inmarsat*-Satelliten;
– den, von Fernmeldeverwaltungen/-gesellschaften betriebenen, *CES* als Überleitstellen zu den terrestrischen Netzen;
– den mobilen Erdfunkstellen des Seefunkdienstes über Satelliten an Bord von Schiffen (*SES*), Landfahrzeugen und Flugzeugen, die von den Nutzern selbst beschafft werden müssen.

Die Satelliten-Funkanlagen an Bord erhalten von den Fernmeldeverwaltungen eine Identifikationsnummer (*IMN; Inmarsat Mobile Number*). In der Bundesrepublik Deutschland sind die *IMN* bei der Bundesnetzagentur (Außenstelle Hamburg) zu beantragen. Über die *IMN* können die *SES* weltweit direkt angewählt werden.

b) Das *COSPAS-SARSAT*-System

COSPAS-SARSAT ist ein gemeinschaftliches internationales satellitengestütztes Such- und Rettungssystem, das von den Raumfahrtverwaltungen Kanadas, Frankreichs, der USA und Russlands errichtet wurde. *KOSPAS* ist das russische Akronym für „Kosmisches System zur Ortung havarierter Schiffe und Flugzeuge". *SARSAT* ist die englische Kurzbezeichnung für „Such- und Rettungssatelliten". Das System verwendet zwei Systeme von Satelliten:

– Polumlaufende (*LEOSAR*) *COSPAS*-Satelliten in 850 km Höhe und *SARSAT*-Satelliten in 1000 km Höhe, bei deren Nutzung die Seenotposition über den Dopplereffekt berechnet wird.
  Status 2016: 8 aktive Satelliten, 58 Empfangsstationen (*LEOLUTs; Low Earth Orbit Local User Terminals*), 31 *Mission Control Centres* (*MCCs*).
– Geostationäre Satelliten (*GEOSAR*) mit festen Positionen etwa 36 000 km über dem Äquator, bei deren Nutzung die Seenotposition von der *EPIRB* des Havaristen gesendet (i. A. mittels integriertem *GPS*-Empfänger) wird.
  Status 2016: 5 aktive Satelliten, 1 Ersatzsatellit, 22 Empfangsstationen in 14 Ländern, die mit den *MCC*s des *COSPAS/SARSAT*-Netzwerks verbunden sind.

Die *LEOSAR/GEOSAR*-Satelliten empfangen die Signale der entsprechenden 406 MHz-*EPIRB* (aktuelle Baken senden Daten für beide Satellitensysteme) und geben diese an eine Empfangsfunkstelle (*LUT; Local User Terminal*) weiter. Von dort wird die Position der *EPIRB* und die Seenotmeldung über das *Mission Control Centre* (*MCC*) an das für das Seegebiet des Havaristen zuständige *RCC* weitergeleitet. Falls erforderlich, werden die Alarme von den Satelliten (nur im *LEOSAR*-System erforderlich, wenn kein *LUT* beim Empfang des Alarms im Sendegebiet des Satelliten liegt) zwischengespeichert. Es können 90 Alarme gleichzeitig aufgenommen und bearbeitet werden. Im *COSPAS-SARSAT-LEOSAR*-System werden die folgenden Verfahren unterschieden:

– *Global coverage mode*: Die Daten werden vom Satelliten empfangen und gespeichert, wenn eine sofortige Weitergabe an ein *LUT* nicht möglich ist.
– *Local mode*: Die empfangenen Daten werden sofort an ein *LUT* weitergeleitet.

(4) Warnfunkdienste

Im *GMDSS* müssen ausrüstungspflichtige Schiffe Nachrichten, die für die sichere Durchführung der Reise erforderlich sind, automatisch empfangen können. Um die Aussendung von

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

nautischen Warnnachrichten in festgelegten Gebiete (*NAVAREAS* – Vorhersage- und Warngebiete) zu organisieren und zu koordinieren, wurde von der IMO und dem IHO der *World-Wide Navigational Warning Service* (*WWNWS*) gegründet. Die Seegebiete der Erde sind in 21 *NAVAREAs* (I bis XXI) gegliedert. Der *WWNWS* ist Bestandteil des *GMDSS* und zuständig für die Verbreitung von Nachrichten für die Sicherheit der Seeschifffahrt (*MSI; Maritime Safety Information*). Die *NAVAREAs* des *NAVTEX*-Dienstes und des *SafetyNET* Service sind identisch. *MSI*-Meldungen werden über folgende Funksysteme verbreitet:

– die *NAVTEX*-Dienste,
– den internationalen (*Enhanced Group Call*) *SafetyNET* Service und
– Telexdienste im *HF*-Bereich.

MSI-Meldungen umfassen

– nautische und meteorologische Warnnachrichten,
– meteorologische Vorhersagen und
– wichtige sicherheitsbezogene Aussendungen für Schiffe (z. B. Seenotalarme).

Folgende Dienstbehelfe (Kap. 10.1.3 (1)) enthalten Informationen über Frequenzen, Sendezeiten und Sendestationen und Angaben über neu eingerichtete *NAVTEX*- und *SafetyNET* Service-Dienste:

– Nachrichten für Seefahrer (NfS),
– Handbuch Nautischer Funkdienst,
– *Admiralty List of Radio Signals Volume 3* (*MSI*) und *Volume 5* (*GMDSS*),
– *GMDSS Master Plan*.

a) *NAVTEX*

NAVTEX [10.4.2] ist ein System zur Verbreitung und zum automatischen Empfang von *MSI* über das terrestrische Funkfernschreibverfahren (*Radiotelex*) in der Betriebsart *FEC* (*Forward Error Correction*) mit fehlergeschützter Aussendung. Es sind zwei Dienste zu unterscheiden.

Internationaler *NAVTEX*-Dienst: *NAVTEX*-Meldungen werden für Küstengewässer in englischer Sprache auf der *MF*-Frequenz 518 kHz verbreitet. Die Reichweite beträgt bis zu 400 sm vom jeweiligen Sender.

Nationale *NAVTEX*-Dienste: *MSI* werden auf anderen Frequenzen als 518 kHz (z. B. 490 und 4209,5 kHz) und in anderen Sprachen verbreitet.

Der internationale *NAVTEX*-Dienst befindet sich noch im Aufbau. Eine Übersicht der eingerichteten und geplanten internationalen *NAVTEX*-Stationen enthält z. B. der *GMDSS Master Plan* der IMO [10.4.1].

Kodierung: *NAVTEX*-Meldungen beginnen nach der *Start of Message Group* (*ZCZC*) mit der 4-Zeichen-Kennung „$B_1B_2B_3B_4$“:

– B_1: einzelner Buchstabe: Kennung der *NAVTEX*-Station,
– B_2: einzelner Buchstabe: Art der Meldung und
– B_3B_4: Nummerierung der Meldung: jeweilige Sendestation von 00 bis 99.

Die Nummerierung erfolgt durch den *NAVTEX-Coordinator* der zuständigen Verwaltungsstelle. Besonders wichtige Meldungen haben die Kennung 00 (z. B. Notmeldungen). Sie können nicht unterdrückt werden und werden immer ausgedruckt.

Beispiel: ZCZC GA20 – *Cullercoats Radio* (G) hat eine Navigationswarnung (A) mit der laufenden Nummer 20 (20) gesendet. Der internationale Dienstbehelf *Admiralty List of Radio Signals, Volume 5* (*GMDSS*) beschreibt das vollständige Kodierungssystem im Abschnitt *„NAVTEX“* sehr übersichtlich und anschaulich.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Anwendung: *NAVTEX* ist nicht geeignet für die Abwicklung von Notverkehr. Es wird lediglich die Seenotalarmierung in der Richtung Land–Schiff durchgeführt (B_2 = D). Die Aussendungen erfolgen zeitversetzt nach einem festen international veröffentlichten Zeitplan. Dadurch werden Überschneidungen verhindert. *NAVTEX*-Empfänger (Abb. 10.2.9) können so programmiert werden, dass nur die Aussendungen empfangen und ausgedruckt werden, die für das jeweilige Schiff von Bedeutung sind. Dazu sind vom Wachoffizier die Kennungen

– der *NAVTEX*-Sendestation(en) und
– die Art der gewünschten Meldungen

in den *NAVTEX*-Empfänger einzugeben. *SAR*-Meldungen, vitale Warnungen usw. werden zusätzlich optisch und akustisch angezeigt. Sie können nicht zurückgewiesen werden. Lagemeldungen für Reviere (*Local warnings*) werden nicht per *NAVTEX* gesendet.

b) *SafetyNET* Service

Der *SafetyNET* Service [10.4.3] ist ein internationaler satellitengestützter automatischer Telexdienst zur Verbreitung von *MSI*. Der Dienst umfasst

– nautische und meteorologische Warnungen,
– Wettervorhersagen und
– andere dringende Sicherheitsmeldungen (z. B. Notalarme Land-Schiff).

Der *SafetyNET* Service ist ein Bestandteil des *Enhanced Group Call* (*EGC*)-Systems von *Inmarsat*. Das *EGC*-Verfahren ist technisch ein Teil des *Inmarsat C*-Systems und eine Ergänzung des internationalen *NAVTEX*-Dienstes. *MSI* für wenig befahrene Küstengewässer, für die der internationale *NAVTEX*-Dienst nicht eingerichtet wird, werden über den *SafetyNET* Service verbreitet. Schiffe, die außerhalb der *NAVTEX*-Gebiete fahren, müssen ununterbrochen *MSI* über den *SafetyNET* Service aufnehmen können.

EGC ermöglicht die zielgerichtete Verbreitung von Meldungen an folgende Adressaten:

– alle Schiffe (*all ships call*),
– Schiffe in festgelegten Gebieten, z. B. *NAVAREAS/METAREAS* (*area call*),
– Schiffe in vom Absender definierten Gebieten (*area call*) und
– Gruppen von Schiffen (*group call*).

***Area calls*:** *Area calls* werden automatisch von allen *EGC*-Empfängern aufgezeichnet, gespeichert und ausgedruckt, wenn deren Position innerhalb des vom Absender gewählten Gebiets (*NAVAREA/METAREA* oder frei definiertes Gebiet) liegt. Durch Einstellungen am *EGC*-Empfänger können auch Aussendungen für zusätzliche Gebiete empfangen werden. Wird die Position im Empfänger nicht spätestens nach 24 Stunden aufdatiert, werden alle *area calls* aufgezeichnet, die vom eingestellten Satelliten gesendet werden.

***Group calls*:** *Group Calls* werden auf allen Schiffen aufgezeichnet, in deren *EGC*-Empfänger die gesendete Gruppenrufnummer gespeichert ist. Erreichbar sind alle Schiffe innerhalb der Abdeckung der geostationären *Inmarsat*-Satelliten (etwa 76° N bis 76° S).

Jede *SafetyNET*-Meldung trägt eine Kennung. Sie wird im Empfangsgerät gespeichert (mindestens 250 Speicherplätze) und verhindert automatisch den Empfang von Wiederholungsaussendungen. Besonders wichtige Meldungen sind z. B.:

– *shore to ship distress alerts* und
– *meteorological and navigational warnings* usw.

Sie haben besondere Kennungen und können vom Anwender bei der Konfiguration des Empfängers nicht abgewählt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

SafetyNET-Meldungen werden von den zuständigen Stellen der Länder herausgegeben. Als verantwortliche Einrichtungen veröffentlichen

- Nationale hydrografische Dienste: Navigationswarnungen,
- Nationale Wetterdienste: Wetterwarnungen und Vorhersagen,
- *RCCs*: Land-Schiff-Alarmierungen, *SAR*-Meldungen und andere dringende Informationen,
- *International Ice Patrol*: Eiswarnungen (für den Nordatlantik).

Die Verbreitung erfolgt über die für das jeweilige Abdeckungsgebiet (*AOR-E, AOR-W, IOR, POR*) zuständige *NCS* des *Inmarsat C*-Dienstes auf dem Organisationskanal *„common channel"*. Der Zeitpunkt der Aussendung richtet sich nach der Dringlichkeit der Meldung (*priority: Distress* vor *Urgency* vor *Safety*). Die planmäßigen Aussendungen erfolgen für die einzelnen *NAVAREAS/METAREAS* zu bestimmten Zeiten über einen benannten Satelliten. Der Dienstbehelf (Kap. 10.1.3 (1)) *Admiralty List of Radio Signals, Volume 3 Maritime Safety Information Services* enthält u. a. folgende tabellarische Übersichten:

- verantwortliche Länder und *LES* für alle *NAVAREAS/METAREAS* (I – XXI),
- detaillierte Sendepläne für die *NAV Information* (*Warnings*) und die *MET Information* des *EGC SafetyNET* Systems.

Außerplanmäßige Meldungen, z. B. weitergeleitete Notmeldungen (*distress relay*) und Dringlichkeitsmeldungen für Gebiete, die von mehreren Satelliten abgedeckt werden, werden von diesen auch verbreitet. Damit auch Anlagen, die nicht ununterbrochen auf den Organisationskanal abgestimmt sind (z. B. *Inmarsat C* Klasse 2-Anlagen während des Empfangs- und Sendebetriebs auf einem Arbeitskanal), alle *MSI* aufzeichnen können, werden sehr dringende Meldungen 6 min nach der Erstaussendung wiederholt. Not- und Dringlichkeitsmeldungen lösen einen optischen und akustischen Alarm aus.

c) *MSI* über Radiotelex im *HF*-Bereich

Aussendungen von *MSI* über *HF*-Frequenzen dienen als Ergänzung des internationalen *NAVTEX*-Dienstes. Meldungen in der jeweiligen Landessprache sind zugelassen. Einzelheiten zu den KüFust für den *HF-MSI*-Dienst enthält Anhang 9 des *IMO Master Plans* [10.4.1]. Frequenzen, Sendezeiten und nähere Angaben zu den Aussendungen (Sprache, Gebiete, Art der Meldungen) enthalten die Dienstbehelfe (Kap. 10.1.3 (1)) *Admiralty List of Radio Signals,* Volume 3 *Maritime Safety Information Services* und Volume 5 *GMDSS*. Der *HF-MSI*-Radiotelexdienst befindet sich noch im Aufbau.

10.4.3 *GMDSS*-Betrieb an Bord: Funktionen und Alarme

Die Ausrüstungs- und Betriebsbestimmungen des *GMDSS* sind in der Neufassung des Kapitels IV in *SOLAS 74/88* enthalten. Diese Vorschriften sind auch Bestandteil der Schiffssicherheitsverordnung (SchSV). Die Bestimmungen von *SOLAS* und SchSV gelten grundsätzlich nur für ausrüstungspflichtige Schiffe. Fahrzeuge, die sich freiwillig ausrüsten, sollten sich an diesen Vorschriften orientieren.

(1) Sicherstellung der Betriebsbereitschaft

Die Sicherstellung der Betriebsbereitschaft von *GMDSS*-Anlagen wird in *SOLAS IV*, Reg. 15 durch drei Maßnahmen bestimmt:

a) Dopplung von Geräten
   - Umfang der betriebsbereit zu installierenden Geräte in Abhängigkeit vom Einsatzgebiet (Seegebiet)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Landseitige Instandhaltung
   – Nachweis durch Wartungsvertrag und Kontrolle durch die BG Verkehr
c) Instandhaltung der Elektronik auf See
   – Qualifiziertes Personal an Bord, z. B. Funkelektroniker 1. oder 2. Klasse
   – Technische Unterlagen, Werkzeuge und Prüfeinrichtungen nach BG Verkehr-Vorgabe an Bord

Auf Schiffen in den Seegebieten A1 und A2 ist eine der Maßnahmen ausreichend.

Auf Schiffen, die für A3 und A4 ausgerüstet sind, ist die Betriebsbereitschaft durch eine Kombination von mindestens zwei dieser Maßnahmen sicherzustellen.

Art und Ausgestaltung der Sicherstellung der Betriebsbereitschaft enthält das Funk-Sicherheitszeugnis.

(2) Besetzung mit Funkbetriebspersonal

Zur ordnungsgemäßen Durchführung des Funkverkehrs müssen auf jedem *SOLAS*-Schiff unter deutscher Flagge mindestens der Kapitän und alle nautischen Wachoffiziere im Besitz des Allgemeinen Betriebszeugnisses für Funker (*GOC*) sein. Ein Zeugnisinhaber ist in Notfällen vorrangig (auf Fahrgastschiffen ausschließlich) für die Abwicklung des Funkverkehrs verantwortlich. Durch geeignete Maßnahmen (Sicherheitsrolle) ist sicherzustellen, dass dieses Besatzungsmitglied in Notfällen nicht mit weiteren Aufgaben betraut wird.

(3) Wachen auf Frequenzen des *GMDSS*

Schiffe auf See müssen – entsprechend dem Seegebiet (A1 – A4), in dem sie operieren – für folgende Frequenzen ununterbrochene Funkwachen einrichten:

– *DSC VHF*-Kanal 70 bei Ausrüstung mit einer *VHF-DSC*-Anlage,
– *DSC* 2187,5 kHz bei Ausrüstung mit einer *MF-DSC*-Anlage,
– *DSC* 2187,5 kHz, 8414,5 kHz und mindestens eine weitere *HF-DSC*-Frequenz (z. B. 4207,5 kHz, 6312 kHz, 12577 kHz oder 16804,5 kHz) – je nach Tageszeit und Standort des Schiffes bezogen auf die nächstgelegene *HF-DSC*-KüFust – bei Ausrüstung mit einer *MF/HF-DSC*-Anlage,
– *VHF*-Kanal 13 (Schifffahrtssicherheitskanal), wann immer möglich,
– Frequenzen zum Empfang von Alarmen über das *Inmarsat*-System in der Richtung Land – Schiff bei Ausrüstung mit einer *Inmarsat B*-, *C*-, *Mini C*- oder *Fleet 77*-Anlage,
– Frequenzen für die Aufnahme von *MSI*-Meldungen des jeweiligen Gebietes – *NAVTEX* (518 kHz), *EGC SafetNET* (*Inmarsat C*) oder *HF MSI*.

Die Überwachung der Frequenzen zur Aufnahme von *MSI*-Meldungen sollte auch während der Hafenliegezeiten nicht unterbrochen werden.

(4) Alarmierung im Seenotfall – Priorität der Funksysteme

Die wichtigste Funktion des *GMDSS* ist die sichere Seenotalarmierung aus jedem Seegebiet der Erde über mindestens zwei getrennte und unabhängige Funksysteme. Welches System zuerst und im Weiteren eingesetzt wird, ist abhängig vom Standort (Seegebiet) zum Zeitpunkt des Notfalls (Tabelle 10.4.2).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Seegebiet A1:	1. *DSC VHF* (Schiff-Land- und Schiff-Schiff-Alarmierung) und 2. Sprechfunk *VHF* (Alarmierung der nicht *GMDSS*-Schiffe) 3. *DSC MF* (Schiff-Land- und Schiff-Schiff-Alarmierung, Reichweite etwa 150 sm) 4. *Inmarsat B*, *C*, *Mini C*, *Fleet 77* (nur Schiff-Land-Alarmierung) 5. *DSC-VHF-EPIRB* (zurzeit noch nicht erhältlich) 6. *COSPAS-SARSAT-EPIRB* 406 MHz (Schiff-Land-Alarmierung)
Seegebiet A2:	1. *DSC MF* (Schiff-Land- und Schiff-Schiff-Alarmierung) 2. *Inmarsat B*, *C*, *Mini C*, *Fleet 77* (Schiff-Land-Alarmierung) 3. *DSC VHF* (Schiff-Schiff-Alarmierung) und 4. Sprechfunk *VHF* (Alarmierung der nicht *GMDSS*-Schiffe) 5. *COSPAS-SARSAT-EPIRB* 406 MHz (Schiff-Land-Alarmierung)
Seegebiet A3:	1. *Inmarsat B*, *C*, *Mini C*, *Fleet 77* (Schiff-Land-Alarmierung) und/oder *DSC HF* auf der/den best geeigneten Frequenz(en) (Schiff-Land-Alarmierung) und 2. *DSC MF* (Schiff-Schiff-Alarmierung) 3. *COSPAS-SARSAT-EPIRB* 406 MHz (Schiff-Land-Alarmierung)
Seegebiet A4:	Aus A4-Seegebieten ist eine Alarmierung über das *Inmarsat*-System nicht möglich. 1. *DSC HF* auf der/den bestgeeigneten Frequenz(en) (Schiff-Land-Alarmierung) und 2. *DSC MF* (Schiff-Schiff-Alarmierung) 3. *COSPAS-SARSAT-EPIRB* 406 MHz (Schiff-Land-Alarmierung)

Tabelle 10.4.2: Seegebiete – Priorität der einzusetzenden Funksysteme im Seenotfall

(5) *GMDSS*-Betrieb – Notalarm und Notverkehr

Grundsätzlich sollte jeder Notverkehr im *GMDSS* mit der Aussendung eines Notalarms beginnen. In jeder Notalarmierungseinrichtung des *GMDSS* ist die Identität (im Allgemeinen die *MMSI*) des jeweiligen Schiffes gespeichert. Sie wird als „Mindestinformation" auch bei den „Schnellaussendungen" (häufig nur zwei Bedienschritte) ausgesendet. Wenn die Zeit ausreicht, sollten alle Notalarme neben der Identität auch die Notfallposition und die Art des Notfalls (Tabelle 10.4.3) enthalten. Während *DSC*-Notalarmierungen sowohl von SeeFust als auch von KüFust, die mit entsprechenden Wachempfängern ausgerüstet sind, empfangen werden können, sind satellitengestützte Alarme nur von den *CES* des *Inmarsat*-Systems bzw. den *LUTs* des *COSPAS-SARSAT*-Systems empfangbar. Aus den Seegebieten A1 und A2 ist, wenn möglich, immer zuerst eine Alarmierung mittels *DSC* durchzuführen.

Nature of Distress
fire, explosion
flooding
collision
grounding
danger of capsizing
sinking
disabled and adrift
person over board
piracy
abandoning ship

Tabelle 10.4.3: Notfälle im *GMDSS*

(6) *DSC*-Betrieb – Notalarm und Notverkehr im *VHF*- und *MF*-Bereich

Der *DSC*-Betrieb wird an dem folgenden Beispiel demonstriert.

Schiff in Not: Anita / DOAK / 211205940; 50-02 N, 006-40 W; 10:00 UTC; sinking (Position auf der Grenze A1/A2)
Bergungsfahrzeug: Holstein / DLOF / 211206270

a) Aussendung des *DSC*-Notalarms und Vorbereitung des Notverkehrs

Schritt 1: Notalarm auf *VHF* (Kanal 70) und *MF* (2187,5 kHz) aussenden
Schritt 2: Sender und Empfänger auf die Sprechfunkkanäle einstellen und abhören *VHF* (Kanal 16) und *MF* (2182 kHz) – Abwarten der Empfangsbestätigung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Bestätigung eines *DSC*-Notalarms

Die Bestätigung soll folgendermaßen erfolgen:

- Sind *DSC*-KüFust oder *RCCs* in der Reichweite des Havaristen, müssen SeeFust die Bestätigung für 5 min zurückzustellen. KüFust sollen zuerst (mittels *DSC*) bestätigen (Abb. 10.2.1) können.
- SeeFust, die einen *DSC*-Notalarm empfangen, stellen die Empfänger und Sender auf die entsprechende Sprechfunk-Notfrequenz ein:
  VHF (Kanal 16) und *MF* (2182 kHz)
- SeeFust bestätigen im Sprechfunkverfahren (frühestens nach 5 min), wenn eine KüFust oder ein *RCC* in der Reichweite des Havaristen liegt.

Beispiel (s. o.): Holstein / DLOF / 211206270 empfängt den *DSC*-Notalarm und bestätigt per Sprechfunk (Funkmeldung 10.4.1). Es folgt die Antwort des Havaristen: (Funkmeldung 10.4.2).

MAYDAY
211205940
THIS IS
Holstein / DLOF
RECEICED MAYDAY, over

Funkmeldung 10.4.1: Bestätigung durch eine SeeFust

MAYDAY
Holstein / DLOF
THIS IS
211205940 / Anita / DOAK
UNDERSTOOD, over

Funkmeldung 10.4.2: Antwort des Havaristen

Im Allgemeinen bestätigen nur KüFust mittels *DSC*. Für SeeFust gilt:

- SeeFust dürfen per *DSC* nur bestätigen, wenn die über Sprechfunk gesendete Bestätigung ohne Antwort geblieben ist und die Aussendung des *DSC*-Notalarms anhält, d. h., dass weitere zwei Aussendungen im Abstand von 3,5 bis 4 min empfangen worden sind. In diesem Fall hat offensichtlich keine andere Funkstelle den Alarm empfangen.
- Vor einer *DSC*-Bestätigung durch eine SeeFust muss diese eine KüFust bzw. eine *CES* in geeigneter Weise über den Notfall informieren.
- Ist keine KüFust für eine sichere *VHF*- oder *MF*-Verbindung in der Nähe und der Havarist ohne jeden Zweifel nahe bei, muss von der SeeFust sofort bestätigt werden und über eine KüFust oder eine *CES* ein *RCC* informiert werden.

c) Aufnahme und Abwicklung des Notverkehrs – Funkverkehr vor Ort

Der Notverkehr umfasst alle Informationen über die Art des Notfalls, die erforderlichen Such- und Rettungsarbeiten, den Funkverkehr vor Ort und die Beendigung des Notverkehrs. Jedem Anruf und jeder Meldung wird das Notzeichen MAYDAY vorangestellt. Die Kommunikation zwischen dem Schiff in Not und den Hilfsfahrzeugen und der Funkverkehr dieser Funkstellen mit dem *On Scene Coordinator* (*OSC*) wird als „Funkverkehr vor Ort“ bezeichnet. Abgewickelt wird dieser Verkehr vorzugsweise auf dem *VHF*-Kanal 16. Außerdem dürfen der Kanal 6 und die Flugfunkfrequenzen 123,1 MHz und 121,5 MHz in Richtung Schiff – Luftfahrzeug (z. B. *SAR*-Hubschrauber) benutzt werden. Vor Ort steuert der *OSC* den Funkverkehr. Muss das Schiff in Not verlassen (aufgegeben) werden, sollen die *VHF*-Handsprechfunkgeräte, ein Radartransponder (*SART*) (Abb. 10.2.7) bzw. *AIS-SART* (Abb. 10.2.8) und – wenn möglich – die *EPIRB* (Abb. 10.2.6) mitgenommen werden.

Das Fahrzeug in Not beginnt den Notverkehr (Funkmeldung 10.4.3) nach Bestätigung des *DSC*-Notalarms. Das Hilfsangebot ist in Funkmeldung 10.4.4 wiedergegeben, die Antwort des Havaristen in Funkmeldung 10.4.5, eine Aufforderung zur Einhaltung der Funkstille (Forelle stört den Notverkehr) in Funkmeldung 10.4.6. Um die „Nicht-*SOLAS*-Schiffe“ in den Notfall mit einzubeziehen, ist im *VHF*-Bereich der Notmeldung der Notanruf voranzustellen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

MAYDAY MAYDAY MAYDAY
THIS IS
Anita Anita Anita / DOAK / 211205940
- -
MAYDAY
Anita / DOAK / 211205940
50-02 N 006-40 W
sinking
15 persons on board
2 persons seriously injured
medical assistance required, over

Funkmeldung 10.4.3: Sprechfunknotanruf und Notmeldung

MAYDAY
Anita / DOAK
THIS IS
Holstein / DOLF
my position is 30 nm west of you
speed 16 kn
I expect to reach you in 2 hours, over

Funkmeldung 10.4.4: Hilfsangebot

MAYDAY
Holstein
THIS IS
Anita
UNDERSTOOD, over

Funkmeldung 10.4.5: Antwort des Havaristen

Forelle / DPRW
SILENCE MAYDAY

Funkmeldung 10.4.6: Aufforderung zur Einhaltung der Funkstille (Forelle stört den Notverkehr) durch den Havaristen

d) Aufhebung der Funkstille vor Ort (Schlussmeldung), veranlasst durch das *RCC* (Funkmeldungen 10.4.7, 10.4.8)

MAYDAY
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Holstein Holstein Holstein / DOLF
1700 UTC 211205940 / Anita / DOAK
SEELONCE FEENEE, out

Funkmeldung 10.4.7: Aufhebung der Funkstille durch ein Hilfsfahrzeug

MAYDAY
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Anita Anita Anita / DOAK
17-00 UTC 211205940 / Anita / DOAK
SEELONCE FEENEE, out

Funkmeldung 10.4.8: Aufhebung der Funkstille durch den Havaristen

e) Aussendung eines *DSC*-Notalarms für eine andere Funkstelle in Not – *Distress Relay-Alarm*

Die Aussendung eines *DSC*-Notalarms für eine andere Funkstelle in Not durch eine SeeFust ist nur in zwei Fällen erlaubt:

- Das Schiff in Not kann selbst keinen Notalarm senden.
- Der Kapitän des assistierenden Schiffes entscheidet, dass weitere Hilfe erforderlich ist. Dieser Alarm sollte grundsätzlich an die zuständige KüFust bzw. an ein *RCC* und nicht „AN ALLE FUNKSTELLEN“ gesendet werden.

f) Bestätigung eines von einer KüFust weiterverbreiteten *DSC*-Notalarms

Ein von einer KüFust oder einem *RCC* gesendeter *DSC-Distress Relay*-Alarm wird von SeeFust im Sprechfunkverfahren bestätigt (Funkmeldung 10.4.9).

MAYDAY RELAY
002111240 (RCC Bremen)
THIS IS
Holstein / DLOF
RECEIVED MAYDAY RELAY, over

Funkmeldung 10.4.9: Bestätigung eines *DSC-Distress Relay*-Alarms *eines RCCs*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(7) *DSC*-Betrieb – Notalarm und Notverkehr im *HF*-Bereich

Für die Schiff-Land-Alarmierung aus A3-Gebieten ist im *GMDSS* neben den *SES* des *Inmarsat*-Systems die Alarmierung per *DSC* auf einer oder bis zu fünf Frequenzen (*Single Frequency*- oder *Multi Frequency*-Verfahren) im *HF*-Bereich vorgesehen. Bei der Frequenzauswahl sind die Notfallposition und die Ausbreitungsbedingungen entsprechend der Jahres- und Tageszeit zu berücksichtigen.

Zu beachten: Bei hohem Sonnenstand ist auf einer hohen *HF*-Frequenz zu senden. Häufig ist die Frequenz 8414,5 kHz geeignet. Entsprechend der Notsituation gibt es zwei Verfahren zur Aussendung des Notalarms.

- **Es ist ausreichend Zeit vorhanden:**
  Die Alarmierung erfolgt auf einer Frequenz (*single frequency*). Anschließend wird auf die Bestätigung einer KüFust gewartet. Erfolgt innerhalb von 3 Minuten keine Bestätigung, ist der Alarm auf einer anderen Frequenz zu wiederholen.
- **Es ist keine Zeit vorhanden:**
  Die Alarmierung erfolgt in schneller Folge auf mehreren/allen *HF*-Frequenzen (abhängig vom Gerätehersteller), ohne zwischendurch auf eine Bestätigung zu warten (*multi frequency*). Die Aufnahme des Notverkehrs (Sprechfunk oder Funkfernschreibverfahren) beginnt in dem Frequenzbereich, in dem der Alarm bestätigt worden ist.

Abweichend vom *VHF*- und *MF-DSC*-Betrieb gilt:

- Ein von einer SeeFust im *HF*-Bereich empfangener *DSC*-Notalarm wird nicht bestätigt.
- SeeFust müssen beobachten, ob eine KüFust per *DSC* bestätigt.
- SeeFust, die einen *HF-DSC*-Notalarm empfangen, müssen auf der zugeordneten *HF*-Sprechfunkfrequenz eine Hörbereitschaft herstellen.
- Wenn laut Alarmierung der Notverkehr im Funkfernschreibverfahren abgewickelt werden soll, muss eine Empfangsbereitschaft auf der zugeordneten Fernschreibfrequenz und, wenn möglich, eine Hörbereitschaft auf der zugeordneten Sprechfunkfrequenz hergestellt werden.
- Wird der *DSC*-Notalarm auf mehreren *HF*-Frequenzen empfangen, sollte jeweils 1 – 2 min auf den einzelnen Frequenzen der Funkverkehr abgehört werden. Wurde auch über 8414,5 kHz alarmiert, sollte mit dem Abhören der 8-MHz-Frequenzen begonnen werden.
- Wird ein im *HF*-Bereich empfangener Notalarm nicht innerhalb von fünf Minuten von einer KüFust bestätigt und kein Notverkehr zwischen einer KüFust und dem Havaristen beobachtet, ist ein *DSC-Distress Relay* an eine KüFust zu senden und ein *RCC* über eine geeignete Funkverbindung zu informieren.
- SeeFust, die einen *DSC-Distress Relay* einer KüFust empfangen, der an alle SeeFust in einem bestimmten Gebiet gerichtet ist, sollen nicht mittels *DSC*, sondern im gleichen Frequenzbereich per Sprechfunk bestätigen.

Zu beachten: Die Ablaufdiagramme *Actions by ships upon reception of VHF/MF DSC Distress alert* und *Actions by ships upon reception of HF DSC Distress alert* aus dem für den sicheren *GMDSS*-Betrieb unverzichtbaren Dienstbehelf *Admiralty List of Radio Signals, Volume 5* (*GMDSS*), sollten herausgetrennt werden und immer gut ablesbar im Bereich der *GMDSS*-Anlage ausliegen bzw. an eine Pinwand geheftet werden.

(8) Abwicklung von Notverkehr im Funkfernschreibverfahren (Radiotelex)

Grundsätzlich bestimmt der Havarist im *DSC*-Notalarm, in welcher Betriebsart der Notverkehr abgewickelt werden soll. Im *MF*- und *HF*-Bereich darf der Notverkehr auch im Funkfernschreibverfahren durchgeführt werden. Entscheidet er sich für das Funkfernschreibverfahren (Radiotelex), erfolgt auch die Bestätigung des Notalarms im Funkfernschreibverfahren. Gearbeitet wird in der Regel im *FEC-Collective-Mode*. Bei dieser Betriebsart sendet immer nur eine

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Station, alle anderen Stationen stehen auf Empfang und können mitlesen. Mit der Radiotelex-Bestätigung ist mindestens 2 min zu warten, damit auf allen Schiffen die Telex-Einrichtungen eingeschaltet werden können. Jede eigene Aussendung beginnt mit der Betätigung der <*Enter*>-Taste und endet mit der <*Break*>-Taste.

Beispiel: Holstein / DLOF / 211206270 bestätigt den *DSC*-Notalarm (empfangen auf 2187,5 kHz) vom Havaristen Anita / DOAK / 211205940 per Radiotelex auf 2174,5 kHz im *FEC*-Verfahren „AN ALLE FUNKSTELLEN“ (*FEC-Collective-Call*) (Funkmeldung 10.4.10). Es folgt die Antwort des Havaristen (Funkmeldung 10.4.11).

<Enter>
MAYDAY
211205940
DE (THIS IS)
211206270 / (Holstein)
RRR
MAYDAY
<Enter><Break>

Funkmeldung 10.4.10: Bestätigung im Telexverfahren (*FEC-Collective*)

<Enter>
MAYDAY
Holstein
DE (THIS IS)
211205940 / Anita
UNDERSTOOD
<Enter><Break>

Funkmeldung 10.4.11: Antwort des Havaristen (*FEC-Collective*)

Nach der Bestätigung erfolgt die Aufnahme des Notverkehrs normalerweise durch das Schiff in Not (Funkmeldung 10.4.12).

<Enter>
MAYDAY
Anita / SELCALL 211205940
50-02 N 006-40 W (falls nicht im Alarm enhalten)
sinking
15 persons on board
2 persons seriously injured
medical assistance required
<Enter><Break>

Funkmeldung 10.4.12: Telex-Notmeldung (*FEC-Collective*)

<Enter>
MAYDAY
Anita
DE (THIS IS)
Holstein
my position is 30 nm west of you, speed 16 kn,
I expect to reach you in 2 hours
we have a doctor on board
<Enter><Break>

Funkmeldung 10.4.13: Telex-Hilfsangebot (*FEC-Collective*)

Im Weiteren kann das Hilfsfahrzeug (Holstein / 211206270) den Havaristen (Anita / 211205940) im *ARQ*-Verfahren rufen (SELCALL: 211205940), wenn es vorteilhaft ist. Dieser Funkverkehr kann jedoch von anderen Funkstellen nicht „mitgelesen“ werden. Hilfsangebote sollten deshalb im *FEC-Collective*-Verfahren gesendet werden (Funkmeldung 10.4.13).

<Enter>
MAYDAY
CQ (ALL STATIONS)
DE (THIS IS)
Holstein / (DLOF)
1700z Anita / DOAK / (211205940)
SILENCE FINI
<Enter><Break>

Funkmeldung 10.4.14: Aufhebung der Funkstille (*FEC-Collective*)

Zur Beendigung des Notverkehrs (Aufhebung der Funkstille) muss die steuernde Rettungsleitstelle eine Meldung im Funkfernschreibverfahren veranlassen. Beispiel: Hilfsfahrzeug Holstein / DLOF / 211206270 beendet den Notverkehr des „Notfalls“ Anita / DOAK / 211205940 im *FEC-Collective*-Verfahren vor Ort (Funkmeldung 10.4.14).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(9) Notalarmierung, Notmeldung und Notverkehr über das *Inmarsat*-System

Aus A3-Seegebieten ist eine sichere Schiff-Land-Alarmierung mit den *GMDSS-Inmarsat*-Systemen *B*, *C* (Abb. 10.2.4), *Mini-C* und *Fleet 77* (Abb. 10.2.5) möglich [10.4.4]. Während die *C*-Anlagen nur das zu bevorzugende Telex-Betriebsverfahren zur Verfügung stellen, kann bei den übrigen Systemen auch das Sprechfunkverfahren gewählt werden. Funkverkehr vor Ort ist mit *Inmarsat*-Anlagen nicht möglich.

a) Notalarmierung und Notmeldung über *Inmarsat C*

Jede *Inmarsat C-CES* ist über zuverlässige Leitungen mit einer Rettungsleitstelle (*RCC*) verbunden. Viele *RCCs* sind außerdem mit *Inmarsat*-Anlagen ausgerüstet, über die sie mit anderen Rettungsleitstellen bzw. mit Schiffen in der Nähe des Havaristen kommunizieren können. So wird sichergestellt, dass die geforderte Hilfe so schnell wie möglich geleistet wird. Mit *Inmarsat C*-Anlagen kann auf zwei Wegen eine Notalarmierung durchgeführt werden.

- **„Schnellalarmierung“:** Hierfür ist z. B. der *„Distress Button“* oder eine Tastenkombination am *Transceiver* mehrere Sekunden gedrückt zu halten bis durch die blinkende Alarmlampe die Aussendung des Alarms angezeigt wird.
  Ein sich anschließendes kontinuierliches Leuchten der Lampe bedeutet die Bestätigung des Alarms durch eine *CES*. Selbst bei laufendem Telexverkehr (Senden bzw. Empfangen) oder nicht eingeloggter Anlage ist eine „Schnellalarmierung“ möglich. Ist die Anlage nicht eingeloggt, wird über die gesendete Position des Havaristen durch die *Network Coordination Station* (*NCS*) des Seegebietes die nächstgelegene *RCC* informiert. Um zu verhindern, dass veraltete Angaben über die Position, den Kurs und die Geschwindigkeit gesendet werden, sollten diese Daten in kurzen Intervallen (max. 4 h) manuell aufdatiert oder von einem Positionssensor kontinuierlich aktualisiert werden. Als „Art des Notfalls“ wird bei der „Schnellalarmierung“ *„undesignated“* gesendet.
- **Alarmierung über das *Inmarsat C*-Terminal:** Die bildschirmgestützte Alarmierung erfolgt über den Menüpunkt *„Distress“* (Abb. 10.2.4). Durch Auswahl der nächstgelegenen *CES* und je nach Art des Notfalls werden zielgerichtete Rettungsmaßnahmen unterstützt. Gegebenenfalls werden landseitig weitere *RCCs* informiert. Nach der Alarmierung wird über dem *„common channel“* der jeweiligen *NCS* ein Arbeitskanal zwischen dem *RCC* und der *SES* an Bord des Havaristen eingerichtet, d. h. die Satellitenanlage an Bord muss auf diesen Kanal abgestimmt bleiben.

Zu beachten: Nach der Notalarmierung und während des Notverkehrs darf deshalb auf keinen Fall der Satellit gewechselt werden.

b) *Distress Priority Messages*

Eine *Distress Priority Message* beinhaltet eine genaue Beschreibung der Notfallsituation an Bord und der benötigten Hilfe. Diese wird sofort, wenn die Umstände an Bord es erlauben, nach der vollständigen Alarmierung inklusive Position, Art des Notfalls und Bestimmung der am besten geeigneten *CES* mit dem Texteditor erstellt und über den Menüpunkt *„Transmit“* mit der Priorität *Distress* über die ausgewählte *CES* direkt zum angeschlossenen *RCC* geschickt. Weitere *Distress Priority Messages* sollen regelmäßig, etwa alle 30 Minuten, abgesetzt werden oder wenn die Notfallsituation sich dramatisch ändert, z. B. wenn das Schiff verlassen werden muss.

c) Notalarmierung und Notmeldung über *Inmarsat B* und *Fleet 77*

Um Missverständnissen vorzubeugen, sollten die Notalarmierung und der Notverkehr im Telexbetrieb abgewickelt werden.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Telex-Notalarmierung über *Inmarsat B*: Im Seenotfall sind die folgenden Schritte (unter Beachtung der Bedienungsanleitung) durchzuführen:

– Anlage auf Telexbetrieb schalten,
– *„Distress Button“* drücken und mindestens 6 s gedrückt halten,
– Nummer der am besten geeigneten *CES* eingeben und mit *<Enter>* abschließen.

Es wird von der gewählten *CES* eine Verbindung mit einer Seenotleitstelle (*RCC*) hergestellt.

Die Seenotleitstelle sendet ihre Kennung und das Kommando „GA+“ (*go ahead*).

Vom Havaristen ist jetzt die Notmeldung im angegebenen Format abzusetzen (Funkmeldung 10.4.15). Nach der Notalarmierung ist die Telexleitung freizuhalten, damit das *RCC* jederzeit zurücktelexen kann.

<Enter>
MAYDAY
THIS IS [Schiffsname / Rufzeichen]
CALLING ON INMARSAT FROM POSITION
[Breite / Länge oder Peilung / Abstand]
MY INMARSAT MOBILE NUMBER IS .....
USING THE [Ocean Region] SATELLITE
MY COURSE AND SPEED ARE ……
NATURE OF DISTRESS: z.B.: grounding
ASSISTANCE REQUIRED: z.B.: tug assistance
OTHER INFORMATION (Angaben zur Unterstützung der Rettungsmaßnahmen)

Funkmeldung 10.4.15: Telex-Notalarmierung – *Inmarsat B*

Telefonie-Notalarmierung über *Inmarsat-B* und *Fleet 77*: Im Seenotfall sind die folgenden Schritte (unter Beachtung der Bedienungsanleitung) durchzuführen:

– Handhörer aus der Halterung nehmen (nur *Inmarsat B*),
– *„Distress Button“* drücken und mindestens 6 s gedrückt halten,
– Mit dem Klingelton Handhörer aus der Halterung nehmen (nur *Fleet 77*),
– Anruf mit <#> abschließen.

Das von der angewählten *CES* informierte *RCC* meldet sich.

Vom Havaristen ist jetzt der Notanruf und die Notmeldung im folgenden Format abzusetzen (Funkmeldung 10.4.16).

MAYDAY MAYDAY MAYDAY
THIS IS [Schiffsname / Rufzeichen]
CALLING ON INMARSAT FROM POSITION [Breite / Länge oder Peilung / Abstand]
MY INMARSAT MOBILE NUMBER IS .....
USING THE [[Ocean Region (z. B. AOR-E)]] SATELLITE
MY COURSE AND SPEED ARE ……
NATURE OF DISTRESS: z.B.: grounding
ASSISTANCE REQUIRED: z.B.: tug assistance
OTHER INFORMATION (Angaben zur Unterstützung der Rettungsmaßnahmen)

Funkmeldung 10.4.16: Telefonie-Notalarmierung – *Inmarsat B* / *Fleet 77*

(10) Bedienung und Test der *EPIRB*

Die *EPIRB* ist im *GMDSS* als „zweite“ Alarmierungseinrichtung vorgesehen. Beim Verlassen des Schiffes sollte die *EPIRB* möglichst mitgenommen werden. Für diesen Fall muss regelmäßig die sichere und schnelle Entnahme der *EPIRB* aus der Halterung geübt werden. Da die Freigabemechanismen an den Halterungen bei den installierten *EPIRBs* sehr unterschiedlich funktionieren, ist bei einem Schiffswechsel die sichere Entnahme der *EPIRB* zu überprüfen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

EPIRBs sind mit etwa 30 % an den Fehlalarmen im *GMDSS* beteiligt. Die genaue Kenntnis der Bedeutung der folgenden vier Schalterpositionen im Bedienfeld der *EPIRB* vermeidet Fehlaussendungen.

- ***ARMED*** (Schalterstellung während der Seereise):
  Die Bake ist einsatzbereit. Wird die Bake mit dem Status *ARMED* aus der Halterung genommen und kommen Kontakte an der Bake zusätzlich mit Wasser in Berührung, startet mit einer kurzen Verzögerung (bei einigen Typen nach wenigen Sekunden) der Notsender. Muss die Bake für Wartungsarbeiten oder zu Übungszwecken aus der Halterung genommen werden, ist der Schalter vor der Entnahme auf *OFF* zu stellen.
- ***OFF*** (Schalterstellung, wenn die Bake, außer im Seenotfall, aus der Halterung genommen werden muss):
  Für längere Transporte, z. B. für Service-Arbeiten beim Hersteller, ist zusätzlich die Batterie abzuklemmen (wenn möglich) oder die Bake ist in Aluminiumfolie zu wickeln.
- ***TRANSMIT*** oder ***ON*** (Schalterstellung für Sendebetrieb in der Halterung):
  Für eine sichere *EPIRB*-Notalarmierung in der Halterung ist zu prüfen, ob die notwendige freie „Rundumsicht" der Antenne sichergestellt ist. Bei mehreren Bakentypen ist nur außerhalb der Halterung eine optimale Abstrahlung der Notsignale garantiert, weil ihre Halterungen aus Metall die Aussendungen stören. Im Allgemeinen wird ein Mindestabstand von 1 m von Metallflächen gefordert.
- ***TEST*** (Schalterstellung zur Überprüfung der Batteriekapazität):
  Moderne Baken führen den Test automatisch durch. Einige Baken müssen zur Durchführung der Test-Funktion aus der Halterung genommen werden. Bei einigen Bakentypen werden zusätzlich auch Elemente des Senders geprüft.

Zu beachten: Die an der *EPIRB* angebrachte Fangleine darf auf keinen Fall zur Sicherung der Bake am Schiff verwendet werden. Sie soll vielmehr im Seenotfall die *EPIRB* in der Nähe der Rettungsmittel halten. Bordseitig ist regelmäßig der Zustand des Wasserdruckauslösers zu kontrollieren. Er ist alle zwei Jahre auszutauschen. Dieser Wechsel ist mit Bordmitteln durchführbar. Der Austausch der Batterie (etwa alle sechs Jahre) erfolgt in der Regel durch eine Servicefirma an Land. Beim Transport ist die *EPIRB* so zu sichern, dass ein Sendebetrieb ausgeschlossen ist.

(11) Betrieb und Bedienung von *SAR* Radartranspondern *(SARTs)* im Seenotfall

SARTs arbeiten im X-Band (3 cm) und antworten nur auf Impulse von X-Band-Radaranlagen (Kap. 10.2 (2)). Eine möglichst gute Erkennbarkeit im Falle der manuellen (Knopfdruck) Aktivierung eines *SART* wird durch Beachtung folgender Hinweise erreicht.

a) Aussendung der *SART*-Kennung – Start der *SART* durch Sendeimpulse der Radargeräte

Für die Alarmaussendung ist Folgendes zu beachten:

- Der aktivierte *SART* sollte möglichst hoch an einer dafür vorgesehenen Halterung angebracht sein und frei strahlen können.
- Die Nähe dämpfender Materialien – wie auch des menschlichen Körpers – verringert die Reichweite deutlich. Muss der *SART* mit der Hand gehalten werden, sollte er möglichst am gestreckten Arm über dem Kopf positioniert werden.
- Auf keinen Fall darf der Teil des *SART*, der die Antenne enthält, mit der Hand umfasst werden.
- Sind auf einem Fahrzeug oder Rettungsmittel mehrere *SARTs* vorhanden, sollte nur einer zur Zeit aktiviert werden, um Energie zu sparen und damit die Gesamteinsatzzeit zu vergrößern und um die Auswertbarkeit der Signale im Radar nicht durch mögliche Interferenzen einzuschränken.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

b) Entdeckung der *SART*-Kennung im Radar

Messbereich: Während der Suche nach einem *SART* ist es ratsam, einen Entfernungsmessbereich von 6 bis 12 sm zu benutzen. Die Ausdehnung des vollständigen *SART*-Signals beträgt etwa 7,5 sm. Für die eindeutige Identifikation ist es notwendig, eine gewisse Anzahl von Impulsen gleichzeitig zu beobachten, um das *SART*-Signal sicher von anderen Echos unterscheiden zu können.

Nebenkeuleneffekte: Bei dichter Annäherung an einen *SART* bewirken die Nebenkeulen der Radarantenne *SART*-Signale in Form einer Serie konzentrischer Bögen oder Kreise. Diese könnten gegebenenfalls durch die Verwendung der „STC"-Funktion (Kap. 4.2.3(h)) beseitigt werden. Die Beobachtung der Nebenkeulen-Effekte ist aber hilfreich, da sie die Nähe eines *SART* zum Schiff bestätigen.

***Tuning*:** Zur Erhöhung der Sichtbarkeit des *SART*-Signals bei Seegangsstörungen oder in der Nähe von Landechos kann das Radargerät verstimmt werden, um die Störungen zu verringern, ohne das *SART*-Antwortsignal zu schwächen. Bei der Verstimmung von Radargeräten ist Vorsicht geboten, da andere erwünschte Navigations- und Antikollisionsinformationen möglicherweise vollständig unterdrückt werden können. Die Abstimmung muss daher so schnell wie möglich auf Normalbetrieb zurückgestellt werden.

***STC*- und *FTC*-Einstellung:** Bei starken Seegangsechos sind die ersten Signale einer *SART*-Antwort nicht immer erkennbar. Für das Erreichen der maximalen Ortungsreichweite eines *SART* ist die *STC*-Einstellung vorsichtig (!) zu optimieren. Dabei ist Vorsicht geboten, da andere natürliche Ziele unterdrückt werden können. Sind die ersten *SART*-Signale – unabhängig von der Einstellung der Seegangsenttrübung – nicht erkennbar, kann die Entfernung zur *SART*-Position gegebenenfalls durch Rückrechnen von der Position des 12. *SART*-Signals erfolgen. Die *„FTC"*-Funktion kann bei dem Versuch, einen *SART* in Schauerböen zu orten, benutzt werden. Als Grundeinstellung sollte *„FTC"* jedoch abgeschaltet werden, um schwache *SART*-Signale nicht zu unterdrücken.

(12) *DSC*-Betrieb – Dringlichkeitsverkehr im *VHF*- und *MF*-Bereich

Die Aussendung von Dringlichkeitsmeldungen erfolgt in zwei Stufen:

– Ankündigung mittels *DSC* (*DSC*-Dringlichkeitsanruf) an alle Funkstellen oder an eine bestimmte Funkstelle – *VHF* (Kanal 70); *MF* (2187,5 kHz),
– Verbreitung der Meldung über Sprechfunk (Funkmeldung 10.4.17) – *VHF* (Kanal 70); *MF* (2187,5 kHz),

Bei Meldungen länger als 1 min ist ein Arbeitskanal bzw. eine Arbeitsfrequenz zu nutzen.

PAN PAN PAN PAN PAN PAN
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Anita Anita Anita / DOAK / 211205940
my position is 180 degrees 1 mile from buoy number 10
I have been in collision and I am in no immediate danger, over

Funkmeldung 10.4.17: Dringlichkeitsverkehr nach *DSC*-Ankündigung

Empfang von Dringlichkeitsanrufen und Dringlichkeitsmeldungen:

– *DSC*-Dringlichkeitsanrufe an alle Schiffe werden von SeeFust nicht bestätigt.
– SeeFust müssen den Sprechfunk-Empfänger auf den/die angegebene(n) Kanal/Frequenz(en) einstellen, um die folgende Dringlichkeitsmeldung abzuhören.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(13) *DSC*-Betrieb – Sicherheitsverkehr im *VHF*- und *MF*-Bereich

Die Aussendung von Sicherheitsmeldungen erfolgt in zwei Stufen:

- Ankündigung mittels *DSC* (*DSC*-Sicherheitsanruf) an alle Funkstellen, an eine bestimmte Funkstelle oder an alle Funkstellen in einem bestimmten Gebiet (*area call*)
  VHF (Kanal 70); *MF* (2187,5 kHz),
- Verbreitung der Meldung über Sprechfunk (Funkmeldung 10.4.18)
  VHF (im Regelfall Kanal 16); *MF* (2182 kHz).

Bei Meldungen länger als 1 min ist ein Arbeitskanal, bzw. eine Arbeitsfrequenz zu nutzen.

SECURITE SECURITE SECURITE
ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Anita Anita Anita / DOAK / 211205940
my position is 180 degrees 1 mile from buoy number 10
engines are broken down
I am anchoring in the north bound traffic lane
request ships keep clear, out

Funkmeldung 10.4.18: Sicherheitsverkehr nach *DSC*-Ankündigung

Empfang von Sicherheitsanrufen und Sicherheitsmeldungen:

- *DSC*-Sicherheitsanrufe an alle Schiffe werden von SeeFust nicht bestätigt.
- SeeFust müssen den Sprechfunk-Empfänger auf den/die angegebene(n) Kanal/Frequenz(en) einstellen, um die folgende Sicherheitsmeldung abzuhören.

(14) Fehlalarme im *GMDSS*

Die hohe Zahl der Fehlalarme im *GMDSS* führt zu einer beträchtlichen Belastung der Seenotleitungen. Erhebliche negative Auswirkungen bei der Abwicklung von Notfällen können die Folge sein. Zur Reduzierung der Zahl der Fehlalarme hat die IMO die „Richtlinien zur Vermeidung von Fehlalarmen“ [10.4.1] verabschiedet. Ergänzt werden die Richtlinien durch das vom BSH entwickelte „Formblatt zur Meldung eines versehentlich ausgelösten Seenotalarms“. Sowohl die Richtlinien als auch das Formblatt sind auf den Internetseiten des BSH unter www.bsh.de veröffentlicht.

a) Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlalarmen an Bord

Die Gründe für die hohe Zahl der Fehlalarmierungen sind vielfältig. Ein hoher Prozentsatz der Fehlalarme wird z. B. durch schlecht gesicherte „*Distress*“-Tasten/Schalter und unlogische Bedienerführung hervorgerufen. Eine erhebliche Reduzierung lässt sich erreichen, wenn die folgenden Maßnahmen an Bord durchgeführt werden:

- Alle verantwortlichen *GMDSS*-Zeugnisinhaber müssen eingewiesen und befähigt sein, die vorhandenen Funkgeräte zu bedienen.
- Die in Seenotfällen für die Abwicklung des Funkverkehrs verantwortliche(n) Person oder Personen sollte(n) die erforderlichen Anweisungen und Informationen an alle Besatzungsmitglieder geben, die wissen sollten, wie *GMDSS*-Geräte zur Aussendung von Seenotalarmen zu benutzen sind.
- Während jedes Manövers *abandoning vessel* ist zu trainieren, wie Notgeräte zur Sicherung der *GMDSS*-Funktionen benutzt werden müssen.
- *GMDSS*-Geräte dürfen nur unter der Aufsicht der Person getestet werden, die in Notfällen für die Abwicklung des Funkverkehrs verantwortlich ist.
- Es sind keine Tests und Übungen an *GMDSS*-Geräten zulässig, die zu Fehlalarmen führen können.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- Die in Satelliten-*EPIRBs* enthaltenen Kennungen, die vom *SAR*-Personal zur Reaktion auf Notfälle verwendet werden, müssen fehlerfrei in einer Datenbank registriert werden, die 24 h täglich oder automatisch den *SAR*-Stellen zur Verfügung steht.
- *EPIRB*-, *Inmarsat*- und *DSC*-Registrierdaten müssen unverzüglich aktualisiert werden, wenn der Name des Reeders oder des Schiffes, die Flagge oder ähnliche Angaben wechseln.
- Bei Neubauten ist der Aufstellungsort der *EPIRBs* im frühestmöglichen Stadium der Konzeption und der Konstruktion des Schiffes zu berücksichtigen.
- Satelliten-*EPIRBs* müssen in Übereinstimmung mit den Herstelleranleitungen durch qualifiziertes Personal installiert werden. Sie müssen frei aufschwimmen und automatisch ausgelöst werden, wenn das Schiff sinkt.
- Bei der Änderung der Kennung oder Wartung der Batterie sind die Herstelleranforderungen genauestens zu befolgen.
- Die *EPIRB*-Fangleine muss frei aufschwimmen können. Sie darf nur zur Sicherung an einem Überlebensfahrzeug oder einer Person im Wasser benutzt werden.
- *EPIRBs* dürfen nicht ausgelöst werden, wenn Hilfe bereits in absehbarer Kürze verfügbar ist.
- Nach einer Verwendung im Notfall ist die *EPIRB* – sofern möglich – zu bergen und auszuschalten.
- Beschädigte *EPIRBs* und *EPIRBs* von Schiffen, die zum Abwracken verkauft oder aus anderen Gründen nicht weiter verwendet werden, müssen durch Entfernen der Batterie unbrauchbar gemacht werden. Sie sind dem Hersteller zurückzugeben oder zu zerstören.
- *EPIRBs* sollten während des Transports zum Hersteller (z. B. für Wartungsarbeiten) in Aluminiumfolie eingewickelt werden.

b) Rücknahme von Fehlalarmen

Wird versehentlich ein Notalarm ausgesendet, ist er **sofort (!)** zu widerrufen.

Rücknahme von *DSC*-Fehlalarmen im *VHF*-Bereich (Kanal 70):

- Sender sofort abschalten, wenn die Aussendung bemerkt wird,
- Anlage auf Kanal 16 schalten und
- Anruf „AN ALLE FUNKSTELLEN“ mit der Angabe des Schiffsnamens, des Rufzeichens, der *MMSI* und Widerruf des Fehlalarms (Funkmeldung 10.4.19).

ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Holstein Holstein Holstein / DLOF / 211206270
PLEASE CANCEL MY DISTRESS ALERT OF 1700 UTC, out

Funkmeldung 10.4.19: Widerruf auf Kanal 16 nach *DSC*-*VHF*-Fehlalarmierung

Rücknahme von *DSC*-Fehlalarmen im *MF*-Bereich (2187,5 kHz):

- Sender sofort abschalten, wenn die Aussendung bemerkt wird,
- Anlage auf 2182 kHz schalten und
- Anruf „AN ALLE FUNKSTELLEN“ mit der Angabe des Schiffsnamens, des Rufzeichens, der *MMSI* und Widerruf des Fehlalarms (Funkmeldung 10.4.20).

ALL STATIONS ALL STATIONS ALL STATIONS
THIS IS
Holstein Holstein Holstein / DLOF / 211206270
PLEASE CANCEL MY DISTRESS ALERT OF 1700 UTC, out

Funkmeldung 10.4.20: Widerruf auf 2182 kHz nach *DSC*-*MF*-Fehlalarmierung

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Rücknahme von *DSC*-Fehlalarmen im *HF*-Bereich

Die Rücknahme ist, wie für den *MF*-Bereich beschrieben, durchzuführen. Der Widerruf muss in allen Frequenzbereichen erfolgen, auf denen der Alarm ausgesendet wurde. Der Sender ist entsprechend nacheinander auf die Sprechfunkfrequenzen in den Bereichen 4, 6, 8, 12 und 16 MHz umzuschalten und abzustimmen.

Rücknahme von *Inmarsat-C*-Fehlalarmen

Es ist die zuständige Rettungsleitstelle durch die Aussendung einer *Distress Priority Message* (Funkmeldung 10.4.21) über dieselbe Küsten-Erdfunkstelle (*CES*) über den Widerruf des Alarms zu informieren, über die der Fehlalarm ausgesendet wurde.

Holstein / DLOF / IMN: 421120627
53-33 N 009-57 E 101533 UTC
CANCEL MY INMARSAT C DISTRESS ALERT OF 101530 UTC
= Master+

Funkmeldung 10.4.21: *Inmarsat C*-Telexmeldung nach *Inmarsat C*-Fehlalarmierung

Rücknahme von *EPIRB*-Alarmen:

Wenn eine *EPIRB* unbeabsichtigt ausgelöst wurde, muss das Schiff Verbindung mit der nächstgelegenen KüFust oder einer *CES* oder einem *RCC* aufnehmen und den Fehlalarm widerrufen.

Allgemeine Hinweise:

- Ungeachtet der vorab genannten Hinweise sollten Schiffe alle ihnen verfügbaren Mittel benutzen, um die zuständigen Stellen darüber zu informieren, dass ein Fehlalarm gesendet wurde und diesen widerrufen.
- Im Allgemeinen werden keine Maßnahmen gegen Schiffe oder Seeleute eingeleitet, die einen Fehlalarm melden oder widerrufen. Im Hinblick auf die ernsten Auswirkungen von Fehlalarmen und das strikte Verbot solcher Aussendungen können die Verwaltungen jedoch wiederholte Verstöße gegen diese Bestimmungen strafrechtlich verfolgen.
- Die versehentliche Auslösung und Rücknahme eines Notalarms müssen in das Funktagebuch oder das Seetagebuch eingetragen werden. Außerdem sollte das Formblatt zur Meldung eines versehentlich ausgelösten Seenotalarms aussagekräftig ausgefüllt und an das BSH geschickt werden.

c) Überprüfen der Not- und Sicherheitsfrequenzen von *DSC*-Anlagen

- Die Funktionsfähigkeit der *VHF-DSC*-Anlage(n) ist durch *DSC*-Anrufe im öffentlichen Verkehr zu überprüfen. Sind keine geeigneten Funkstellen in *VHF*-Reichweite, kann die eigene „gedoppelte“ Anlage gerufen werden. Test-Aussendungen auf Kanal 70 sind nicht gestattet.
- Die *DSC*-Not- und Sicherheitsruffrequenzen im *MF*- und *HF*-Bereich sind durch wöchentliche Testanrufe an geeignete *MH/HF*-KüFust zu prüfen. In der Bedienerführung der Geräte gibt es einen Menüpunkt „Test“. Die ausgewählte KüFust bestätigt den Anruf mittels *DSC*.
- Die Überprüfung von *VHF-DSC*-Anlagen und die Durchführung der Testanrufe im *MF*- und *HF*-Bereich sind in das Funktagebuch oder das Seetagebuch einzutragen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

11 Maritime Verkehrsdienste

11.1 Vessel Traffic Service (VTS) – Maritime Verkehrssicherung

Hartmut Hilmer

VTS ist ein Verkehrssicherungsdienst, der weltweit nach den Anforderungen der International Maritime Organization (IMO) [11.1.1] eingerichtet wurde. Er wurde von der EU innerhalb ihres eigenen Zuständigkeitsbereiches für ihre Mitgliedstaaten konkretisiert und teilweise strenger gefasst [11.1.2] und von der IALA durch Empfehlungen und Hinweise zur Realisierung der Einrichtung, des Betriebs, der technischen Ausstattung eines VTS sowie der qualitativen personellen Besetzung und der Aus- und Fortbildung des VTS-Personals maßgeblich gestaltet. Eingehende Informationen über die weltweiten VTS kann der Nautiker über den *VTS Guide Germany* des BSH [11.1.3] oder die jeweilige nationale Webseite beziehen.

Der nationale Aufgabenbereich in Deutschland [11.1.4] geht über die internationalen Anforderungen von VTS hinaus und wird daher national insgesamt als Maritime Verkehrssicherung bezeichnet. Diese Einrichtung dient zur Verhütung von Kollisionen und Grundberührungen, zur Verkehrsablaufsteuerung und zur Verhütung von der Schifffahrt ausgehender Gefahren. Sie erteilt Verkehrsinformationen und Verkehrsunterstützungen und spricht Verfügungen zur Verkehrsregelung aus. Für die deutschen Gewässer wird vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie der *German VTS Guide* [11.1.5] in englischer Sprache herausgegeben. Auskünfte über die weltweiten VTS-Systeme geben die jeweiligen nationalen Webseiten und die einschlägigen nautischen Veröffentlichungen. Im Folgenden wird die Realisierung der Maritimen Verkehrssicherung am Beispiel Deutschland beschrieben.

11.1.1 Verkehrszentralen

Verkehrszentralen (VTS) unterstützen die Schiffsführer bei der Navigation und führen die Schifffahrt sicher durch die Gewässer. Sie werden weniger als ein Überwachungsinstrument, sondern eher als ein wichtiger Partner der Schifffahrt gesehen. Eine erfolgreiche Aufgabenerledigung ist insbesondere von der intensiven Beteiligung der Schifffahrt sowie der Akzeptanz durch die Verkehrsteilnehmer abhängig. Verkehrszentralen dienen der Strom- und Schifffahrtspolizeibehörde (Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt und nachgeordnete Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter) als ordnungsausführende Organe:

- **Förderung der Verkehrssicherheit und Schutz der maritimen Umwelt**
  Die primäre Aufgabe der Verkehrszentralen liegt im präventiven Bereich, d. h. Gefahren weit im Vorfeld zu erkennen und rechtzeitig erforderliche Maßnahmen zur Abwehr dieser Gefahren einzuleiten.
- **Schiffssicherheit (Sicherheit individuell auf ein Fahrzeug bezogen zum Schutze der Besatzung und Passagiere) im Rahmen der Schiffssicherheits-Verordnung**
  Originär zuständige Behörde für die Schiffssicherheit ist die Berufsgenossenschaft Verkehr/Dienststelle Verkehrssicherheit. Diese hat der GDWS in der Schiffssicherheits-Verordnung jedoch eine Eilzuständigkeit eingeräumt und ermächtigt, bei Beeinträchtigungen der Schiffsschiffssicherheit die erforderlichen Sofortmaßnahmen einzuleiten.
- **Unfallbekämpfung**
  Die Verkehrszentralen leiten bei Unfällen die erforderlichen Sofortmaßnahmen ein. In der Regel werden die Unfälle bis zur Beseitigung der Störung eigenständig abgearbeitet. Bei besonders schweren Unfällen, übernimmt das Havariekommando die Koordination der Unfallbekämpfung.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- **Abwehr der äußeren Gefahren in der Seeschifffahrt**
  Point of Contact gemäß ISPS-Code. Der deutsche POC kommuniziert nicht verbal über UKW-Sprechfunk mit der Schifffahrt. Dies ist ausschließlich den Verkehrszentralen vorbehalten.
- **Zentrale Ansprechstelle für maritime Fragen**
  Im Sinne transparenter und leicht nachvollziehbarer Kommunikationswege sollen der Schifffahrt so wenig Ansprechstellen wie möglich angeboten werden. VTS sind der internationalen Schifffahrt weltweit bekannt und bieten der Schifffahrt in Deutschland diesen Service an.

11.1.2 Arbeitsweise der Verkehrszentralen

Das VTS-Personal arbeitet grundsätzlich ähnlich einem auf der Brücke wachhabenden Offizier:

(1) Lagebilderstellung – Erfassung aller entscheidungsrelevanter Faktoren

Es werden alle bewertungs- und entscheidungsrelevanten Faktoren des VTS-Reviers erfasst und als Istzustand in einem Lagebild zusammengestellt. Es wird nach drei Informationskriterien differenziert:

- **Verkehrsdaten**
  Hierbei handelt es sich um schiffsspezifische Daten und um Informationen über den Gesamtverkehr. Sie geben u. a. Auskunft über die statischen Parameter (Länge, Breite, Funkrufzeichen, IMO-Nummer, Schiffstyp etc.), die dynamischen Parameter (Position, Geschwindigkeit, Kurs über Grund, Heading etc.) und die reisebezogenen Parameter (Tiefgang, Bestimmungshafen, Ladung, Gefahrenstufe etc.). Hinsichtlich der Verkehrssituation wird die Anzahl der Fahrzeuge, die sich gegenwärtig im Revier befinden, die vorherrschende Verkehrsdichte, die besonderen Fahrzeuge (Großschifffahrt, Schleppverbände, Tankschiffe, Spezialtransporte etc.), die Reeden- und Pierbelegungen aufgezeigt. Die Verkehrsdaten werden primär sensorisch mittels Landradar, dem *Automatic Identification System* (AIS), aber auch durch eigene optische Beobachtungen und verbale Meldungen über UKW-Sprechfunk erfasst.
- **Revierdaten**
  Revierdaten beziehen sich auf die Zustände der für eine sichere Navigation erforderlichen Anlagen und Bauwerke (Feste und schwimmende Schifffahrtszeichen, morphologische Verhältnisse, Hindernisse im Fahrwasser, Zustand der Wasserbauwerke und der VTS-Anlagen). Die Überwachung und Steuerung der festen Schifffahrtszeichen sowie der internen und externen Verkehrszentralen-Technik erfolgt in den Verkehrszentralen über die Fernwirkanlagen.
- **Umweltdaten**
  Die Umweltdaten geben Auskunft über die hydrologischen (Pegelstände, Wasserstandsvorhersagen, Wellenhöhe, Strömung etc.) und die meteorologischen (Wind, Sicht, Eis, Temperatur etc.) Verhältnisse im VTS-Bereich. Die meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse werden von ausgewählten Standorten mittels technischer Sensoren erfasst (Wasserstände, Strömungsstärken, Windstärken, Temperaturen). Während der Winterzeit melden unterschiedliche Stellen telefonisch und seitens der Schifffahrt über UKW-Sprechfunk die Eissituationen. Die gesammelten Verkehrs-, Revier- und Umweltdaten werden in den Verkehrszentralen plausibilisiert und an den Arbeitsplätzen des VTS-Personals nutzergerecht auf elektronischen Bildschirmen dargestellt.
- **Traffic-Display**
  Bei dem Traffic-Display handelt es sich um eine Darstellung der erfassten Schiffspositionen auf einer elektronischen Seekarte. Mitlaufende Identifizierungslabel geben Auskunft über die wichtigsten Angaben zum Schiff. Das VTS-Personal kann das Traffic-Display situationsbedingt konfigurieren (Abb. 11.1.1).

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

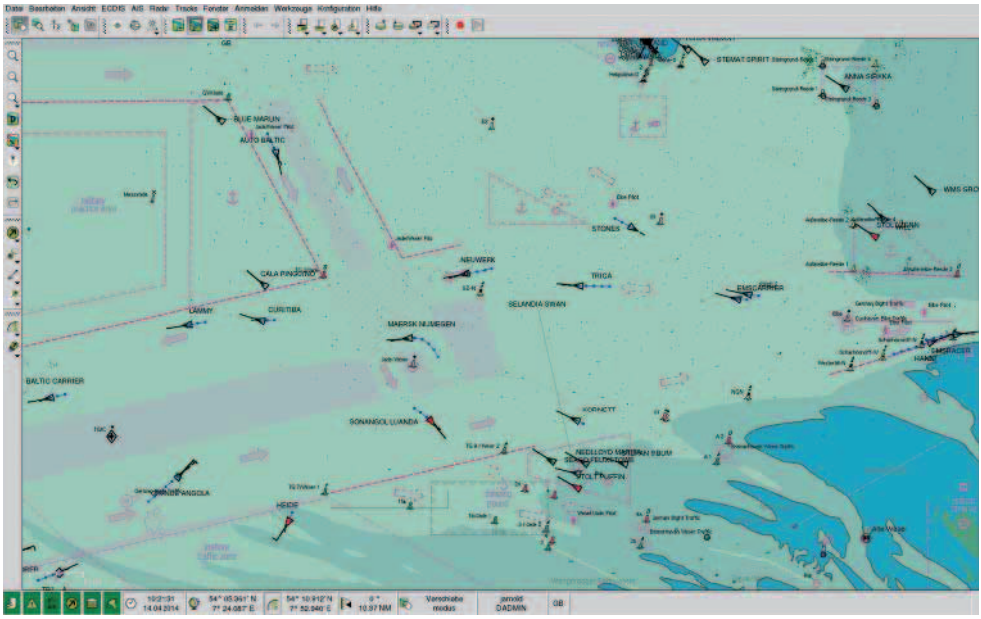


Abb. 11.1.1: Traffic-Display VTS German Bight

- **Ships-Data-Display**
  Das Ships-Data-Display dient der Vorhaltung der umfangreichen Schiffsdaten der im Revier befindlichen Fahrzeuge. Die aktuell im Zuständigkeitsbereich befindlichen Schiffe sind in einer Reviertabelle kilometrisch sortiert dynamisch aufgeführt. Es bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die Reeden- und Hafenbelegungen darzustellen.
- **Ships-Planning-Display**
  Die Verkehrsablaufsteuerung im Rahmen des Verkehrsmanagements erfolgt mit Hilfe eines elektronischen Weg-/Zeitbildes, auf dem die Begegnungen von Fahrzeugen in engeren Revieren vorausschauend dargestellt werden (Abb. 11.1.2).

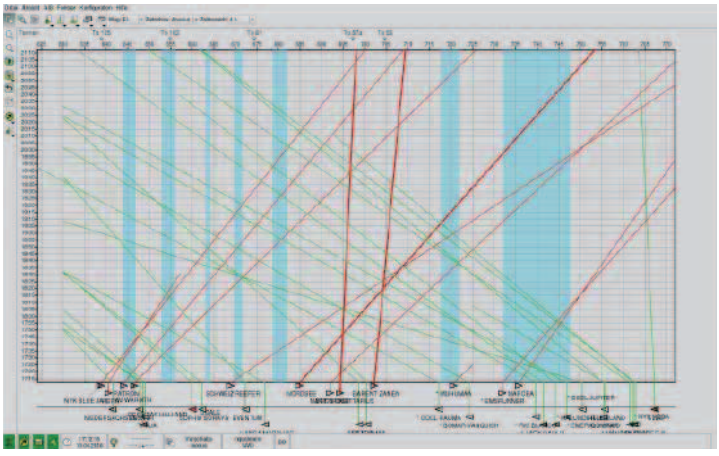


Abb. 11.1.2: Elektronisches Weg-/Zeit-/Begegnungsdiagramm des VTS NOK

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– **Info-Display**
  Über das Info-Display werden die erforderlichen meteorologischen und hydrologischen Informationen visualisiert.

Die Erfassung aller bewertungs- und entscheidungsrelevanten Faktoren erfolgt über geprüfte und redundante Sensoren. AIS-Landstationen erfassen im Gegensatz zu den Bordgeräten ergänzende Informationen hinsichtlich der Regelmäßigkeit der Aussendungen, des verwendeten Navigationssystems, der Nutzung von Korrekturdaten etc. Die gewonnenen Informationen werden in den Verkehrszentralen auf Plausibilität geprüft. Sie verfügen damit über höchstmögliche Verlässlichkeit und Genauigkeit.

(2) Lagebildauswertung – Feststellung des Gefahrenrisikos

Die Lagebildauswertung erfolgt durch einen Abgleich zwischen dem Soll- und dem Istzustand und die Bewertung des ermittelten Gefahrenrisikos:

– **Istzustand**
  Der Istzustand ist der Zustand, der aktuell die Verhältnisse im VTS-Bereich zu Verkehr, Revier und Umwelt darstellt und damit das Lagebild ergibt.
– **Sollzustand**
  Der Sollzustand ist der angestrebte Zustand, der ein optimales Verhältnis zwischen der Sicherheit und der Leichtigkeit des Verkehrs darstellt. Es wird zwischen den revierspezifischen fixen Vorgaben (Fahrwasser, Schifffahrtszeichen, Vorschriften, Wassertiefen etc.) und den variablen revierspezifischen Vorgaben (Mindertiefen, Wasserstandsvorhersagen, Pegelstände, Schiffsansammlungen, Verkehrssituationen, Sichtverhältnisse, Windverhältnisse etc.) unterschieden. Gerade die variablen Vorgaben mit ihren sich ständig verändernden Parametern lassen die Vorgabe eines konkreten Sollzustands nicht zu. Die endgültige Festlegung des Sollzustands liegt in der nautisch fachlichen Bewertung des verantwortlichen Nautikers vom Dienst, der sich fortlaufend einen konkreten Sollzustand herleiten muss.
– **Gefahrenerkennung**
  Nach dem Rechtsgrundsatz „Wissen macht bösgläubig“ kommen der Nautiker vom Dienst und sein Personal in eine unmittelbare Handlungspflicht sobald Gefahren er- und bekannt werden. Diese Gefahren dürfen nicht ignoriert werden, sondern sind hinsichtlich erforderlicher Maßnahmen eingehend zu prüfen. Der Umfang der Maßnahmen und ob in den Verkehrsablauf eingegriffen wird, ergibt die Prüfung des VTS-Personals.
  Zu Unterstützung des VTS-Personals können in den Traffic-Displays u. a. geografische Linien gezogen werden, deren Überfahren einen akustischen und optischen Alarm auslöst. Darüber hinaus wird die Aufmerksamkeit des Personals beim Erreichen vorgegebener CPA- und TCPA-Werte durch Signale geweckt. Es werden rechtzeitig Hinweise über bevorstehende Überhol- und Begegnungsvorgänge, Kursänderungen, Geschwindigkeits- und Signalverluste gegeben.
  Wird beispielsweise ein vorgegebener Abstand zwischen zwei hintereinander fahrenden Fahrzeugen unterschritten, wird das VTS-Personal durch einen Alarm hierüber informiert. Ebenso verhält es sich, wenn Schiffe in Sperr- und/oder Gefahrengebiete einfahren. Verliert der Rechner ein zuvor regelmäßig empfangenes AIS-Signal oder kommt es zu einem drastischen Geschwindigkeitsabfall oder einer überhöhten Kursänderung eines Fahrzeugs, erhält das Personal ebenso entsprechende Hinweise.

(3) Maßnahmen gegenüber dem Schiffsverkehr

Stellt der Nautiker vom Dienst (NvD) ein Gefahrenrisiko fest, das auch im Rahmen des bestehenden Ermessensspielraums nicht mehr akzeptiert werden kann, hat er risikominimierende Maßnahmen (Tabelle 11.1.1) zu ergreifen. Ziel ist es hierbei, die festgestellten Abweichungen wieder auf den Sollzustand zurückführen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Art der rechtlichen Verpflichtung	Eigenverant-wortung	Eigenverantwor-tung mit erhöhter Erwartungs-haltung	Verpflichtend	Zwang
Informationsdienst	X			
Unterstützungsdienst		X		
Verkehrsregelung			X	
Polizeilicher Vollzug				X

Tabelle 11.1.1: Rechtliche Verbindlichkeit der verschiedenen VTS-Maßnahmen

(a) Informationsdienst
Mit der Erteilung von Verkehrsinformationen werden die Schiffsführungen in die Lage versetzt, eigenverantwortlich die richtigen und erforderlichen Entscheidungen zu treffen. Verkehrsinformationen werden im Broadcast-Verfahren ohne Rückmeldung seitens der Schifffahrt ausgesendet. Es handelt sich dabei um stündliche Lagemeldungen (Wetter- und Tideverhältnisse, Verkehrslage, Lotsenversetzpositionen, Bau- und Baggerarbeiten etc.) oder Sicherheits-, Dringlichkeits- und Seenotmeldungen.

(b) Verkehrsunterstützungsdienst
Mit Hinweisen und Warnungen werden Schiffsführungen gezielt angesprochen und konkret auf Gefahren hingewiesen und entsprechende Verhaltensempfehlungen gegeben. Schiffe werden u. a. dann angesprochen, wenn auf ihrem Fahrtverlauf Bau- oder Taucherarbeiten stattfinden, die der besonderen Rücksichtnahme bedürfen. Durch die direkte Ansprache bekommt der Nautiker vom Dienst eine unmittelbare Rückmeldung, ob der Hinweis/die Warnung verstanden wurde und welche Maßnahmen seitens des Schiffes vorgesehen sind.
In einigen deutschen Revieren werden die Schiffsführungen und deren Lotsen bei widrigen Wetterverhältnissen oder besonderen navigatorischen Bedingungen ergänzend von der Verkehrszentrale aus bezüglich ihrer Positionsbestimmung und dem unmittelbar umgebenden Verkehr unterstützt.

(c) Verkehrsregelung
Verkehrsregelungen stellen hoheitliche Verwaltungsakte dar, die Anweisungen hinsichtlich des Verhaltens im Verkehr, Verbote, Gebote oder Befreiungen von Vorschriften enthalten. Verwaltungsakte werden in drei Kategorien eingeteilt:

– **Strom- und Schifffahrtspolizeiliche Verfügungen (§ 56 SeeSchStrO)**
  Anweisungen werden erteilt, soweit die Erteilung von Informationen und verkehrsunterstützenden Maßnahmen nicht ausreichen oder keine Aussicht auf Erfolg haben, z. B. wenn sich ein Kapitän weigert, trotz festgestellter Gefahr bei einem Maschinenausfall einen Schlepper anzunehmen oder sich ein Überhol- oder Begegnungsmanöver abzeichnet, das zu einer Gefahr führt.
  Verfügungen der Verkehrszentralen sind für die betroffenen Schiffsführer verbindliche Anweisungen, deren Nichtbefolgung Sanktionen nach sich ziehen. Der Nautiker vom Dienst muss hierbei nicht explizit darauf hinweisen, dass es sich um eine Weisung handelt. Kraft Amtes ist er Schifffahrtspolizist. Allein seine Wortwahl (bestimmend oder bittend) entscheidet über den rechtlichen Charakter der Ansprache. Wird ein Fahrzeugführer mit den Worten „Kommen Sie zurück auf die rechte Fahrwasserseite“ angesprochen, handelt es sich eindeutig um eine Anweisung, der Folge zu leisten ist. Gefährdet die Befolgung einer Anweisung die Besatzung oder das Schiff, liegt die letztendliche Verantwortung beim Schiffsführer.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

- **Befreiungen (§ 59 SeeSchStrO)**
  Befreiungen von bestimmten Vorschriften können erteilt werden, wenn u. a. durch die Vorschriften eine Gefahr für die Schifffahrt entsteht. Verdeutlicht werden kann dies mit der Befreiung vom Rechtsfahrgebot, wenn z. B. ein Schiff von einem Strom-Liegeplatz zu einem anderen verholt werden muss und unter Einhaltung der Vorschriften (Rechtsfahrgebot) das Fahrwasser zweimal kreuzen müsste.
- **Schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen (§ 57 SeeSchStrO)**
  Bestimmte Situationen oder Veranstaltungen, die in der SeeSchStrO aufgeführt sind, bedürfen der Genehmigung des zuständigen Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes. Sie werden unter Auflagen und Bedingungen erteilt. Schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen sind erforderlich für Geschehnisse auf dem Wasser, die den Verkehr beeinträchtigen können oder seiner Rücksichtnahme bedürfen. Die zuständige Schifffahrtsverwaltung kann u. a. Segelregatten, Schleppvorgänge, Stapelläufe und Pfahlzugproben unter Auflagen und Bedingungen erlauben.
- **Schifffahrtspolizeilicher Vollzug**
  Da das VTS-Personal seinerseits die vorstehenden Maßnahmen ausschließlich über die UKW-Kommunikation oder Lichtsignale (NOK) umsetzen kann, bedient es sich u. a. des schifffahrtspolizeilichen Vollzugs durch die WSV selbst, insbesondere aber durch die Wasserschutzpolizei, die Bundespolizei und den Zoll. Eine Beauftragung der Vollzugskräfte durch die Verkehrszentrale kommt u. a. dann in Betracht, wenn ein Fahrzeugführer einer Anweisung keine Folge leistet. Weigert er sich z. B. nach einem Maschinenausfall zu Anker zu gehen oder Schleppassistenz anzunehmen, wird die Maßnahme vor Ort von Polizeikräften vollzogen.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

11.2 Portable Pilot Unit

Sven Stemmler

Eine Portable Pilot Unit (PPU) ist ein tragbarer Computer, der für Lotsen wesentliche Informationen speichert, verarbeitet und anzeigt. Mit einer PPU kann ein Lotse sowohl Sensordaten (GNSS, AIS, u. a.) wie Position, SOG und COG des gelotsten Schiffes und anderer Schiffe in der Umgebung auf seinem Seekartensystem nutzen als auch sich Dokumente und Informationen online wie offline anzeigen lassen, die er sonst z. B. in Papierform bei sich tragen, mündlich erfragen oder vor der Lotsung z. B. an Aushängen oder Informationstafeln an einer Lotsenstation ablesen müsste.

11.2.1 Aufgaben und Funktionen der PPU

PPUs sollen die Sicherheit des Schiffsverkehrs erhöhen und zur Vereinfachung administrativer Aufgaben von Lotsenorganisationen und Aufsichtsbehörden beitragen. Laut einer Definition der American Pilots' Association [11.2.1] dienen sie bei der Entscheidungsfindung beim Navigieren im begrenzten Seeraum. PPUs stellen ununterbrochen und ortsunabhängig Informationen zur Verfügung, die von Lotsenbrüderschaften und Behörden – teilweise automatisiert – bereitgestellt werden. PPUs werden zur Vorbereitung, während der Lotsung und in einigen Fällen zu deren Nachbearbeitung eingesetzt.

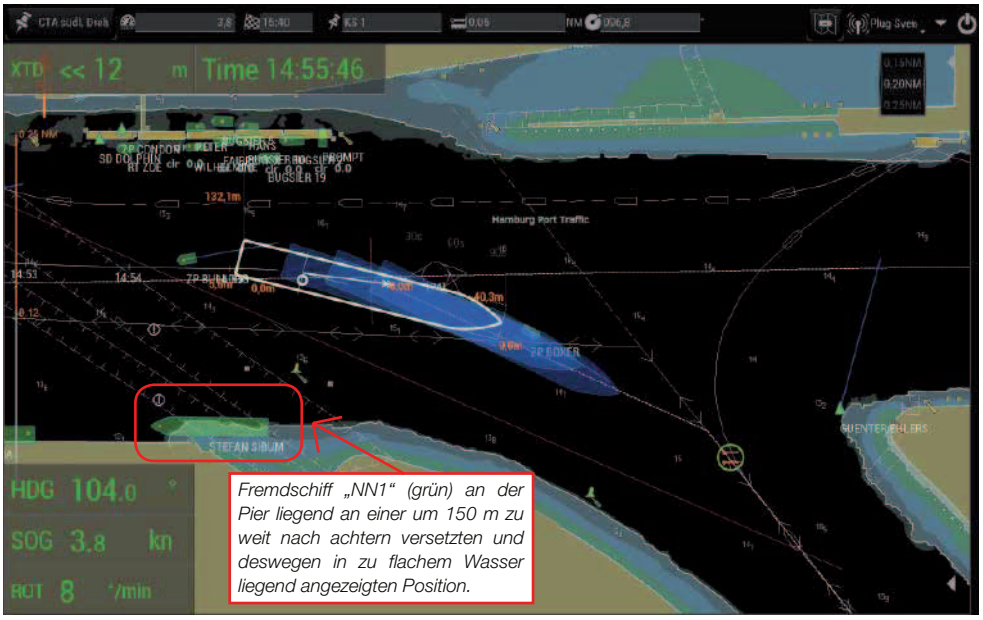

XTD << 12 m
Time 14:55:46
Hamburg Port Traffic
HDG 104.0 °
SOG 3.8 kn
ROT 8 °/min
Fremdschiff „NN1" (grün) an der Pier liegend an einer um 150 m zu weit nach achtern versetzten und deswegen in zu flachem Wasser liegend angezeigten Position.

Abb. 11.2.1: Außergewöhnlich großes Fahrzeug (weiße Kontur) im Hamburger Hafen mit bENC (teilweise ausgeblendete Tiefen-Konturen), ROT und *Prediction* und ein Fremdschiff mit einer gravierenden Fehlanzeige der Position

PPUs unterstützen Lotsen auch bei schlechter Sicht und bei Manövern in beengten Revierflächen. Die Abb. 11.2.1 und 11.2.2 zeigen außergewöhnlich große Fahrzeuge im Hamburger Hafen jeweils mit bENC, ROT und *Prediction*. Die Funktionen von PPUs gehen über die

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

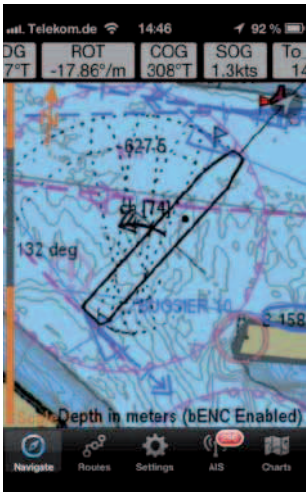


Abb. 11.2.2: Smartphone-Shot mit bENC, ROT und *Prediction*

Möglichkeit zur Darstellung verschiedener Typen von elektronischen Seekarten und das Nutzen normaler ECDIS- oder ECS-Funktionen (siehe Kap. 4.1) weit hinaus. Mit einem zusätzlichen Informationssystem werden viele für eine Lotsung relevante Daten gespeichert und bei Bedarf angezeigt. Das funktioniert per Datenbanksystem und über das Internet. Ausgereifte Systeme enthalten ein automatisiertes Benachrichtigungssystem für Lotsen, z. B. Pop-up-Meldungen, und ermöglichen ein *Master-Pilot-Exchange* oder das Ausfüllen von Lotszetteln bzw. Lotsbescheinigungen mit Bildschirmunterschrift des Kapitäns. Zur Lotsvorbereitung können Manöver simuliert werden. Um Schiffsmanöver nachträglich abzuspielen, speichern PPUs auch Schiffsdaten, Sensor- und AIS-Daten (*Replay*-Funktion) der Lotsungen sowie Situationsbilder (Screenshots und Tonaufnahmen für die Wiedergabe).

In Tabelle 11.2.1 werden für verschiedene Arten von Lotsungen allgemeine Anforderungen an die zu nutzenden PPUs wiedergegeben. Wegen unterschiedlicher Bewertungs- und Ausführungsmöglichkeiten von PPUs kann sie einem Allgemeingültigkeitsanspruch jedoch nicht gerecht werden.

	Aufgaben	Robustheit	Seekarten	Sensorik
Übersee-Lotsung	Streckenlotsungen auf See in küstennahen Gewässern	Stoßfest	ENC	Pilot Plug Adapter und „AIS-over-IP“
Revier-Lotsung	Streckenlotsungen auf Flüssen oder Kanälen	Stoß- und spritzwasserfest	ENCs, Spezialkarten, bENCs	Pilot Plug Adapter ggf. mit ROT-Sensor, „AIS-over-IP“
Hafenmanöver	Enge Kurvenfahrt, Drehmanöver	Stoß- und spritzwasserfest, BT und WiFi mit hoher Sende- und Empfangsleistung	ENCs, Spezialkarten, bENCs und PortENCs	Pilot Plug Adapter mit ROT-Sensor
Docking	Drehen bei sehr wenig Raum, Anlegen, Eindocken	Stoßfest, wasserdicht, wärme- und kältebeständig, BT und WiFi mit hoher Sende- und Empfangsleistung	ENCs, Spezialkarten, bENCs und PortENCs	High End PPU mit Redundanz

Tabelle 11.2.1: PPU-Varianten für die verschiedenen Aufgaben einer PPU

11.2.2 Systemkomponenten

Die Systemausstattung und die genutzten Komponenten hängen von den jeweiligen Anforderungen und den Herausforderungen des Reviers, des gelotsten Schiffes sowie den äußeren Bedingungen ab. Es gibt derzeit (2016) große Unterschiede in den Anforderungen und den Ausführungen von PPUs weltweit [11.2.3].

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

(1) Computer

Die Anforderungen an den leistungsfähigen und tragbaren Computer sind hoch: kleine und leichte Hardware, hochauflösende Grafik und Display, leistungsfähige Software, Telefonkarte für eine Internetverbindung mit großem Datenvolumen, schnelle Inbetriebnahme, handliche Bedienung, robuste und wetterfeste Ausführung sowie Interferenzfreiheit mit der Brückenausstattung. Hochentwickelte Systeme werden häufig als „High End PPU" (*Full ruggedized PPU*) bezeichnet (Abb. 11.2.4). Offizielle Anforderungen und Normen an die Robustheit (*Ruggedness*) von Computersystemen sind u. a. in den Normen IEC 60945 über Navigations-und Funkausrüstung [11.2.4], IEC 60529 über Schutzarten gegen Staub und Wasser [11.2.5], in der europäischen ATEX-Klassifizierung (*ATmosphères EXplosibles*) [11.2.6] oder in dem amerikanischen Militärstandard MIL-STD-810G [11.2.7] zu finden. Die Erfüllung solcher Anforderungen wird von der IMPA für PPUs empfohlen [11.2.8]. Ob sie vorgeschrieben werden, ist derzeit (2016) noch offen. Die Erfüllung solcher Anforderungen wird derzeit für viele PPUs nicht offiziell geprüft.

Abb. 11.2.3: Einfache PPU mit Pilot Plug Repeater

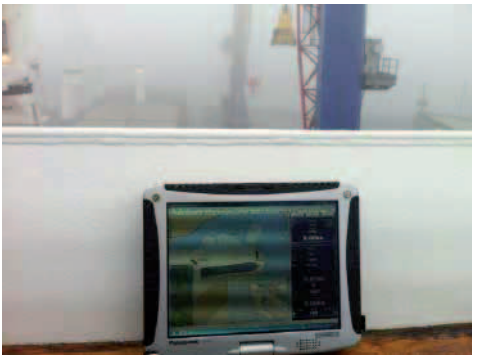


Abb. 11.2.4: Full ruggedized PPU. Docking Display im Nebel in der Brückennock

(2) Sensoren und weitere Navigationsdaten

Um das eigene Schiff und die Schiffe in der Umgebung auf der elektronischen Seekarte der PPU anzeigen und die Verkehrssituation einschätzen zu können, benötigt die PPU u. a. Sensordaten (z. B. GPS- und AIS-Daten) sowie feste Grunddaten der Schiffe (z. B. Name, Länge, Breite und Tiefgang sowohl vom Eigenschiff als auch von Fremdschiffen in der Umgebung).

Je nach Anforderungen für eine spezielle Lotsung kommen unterschiedliche Sensoreingänge zum Einsatz:

- **AIS-over-IP:** Internetanschluss per Telefonkarte, um AIS-Daten (siehe Kap. 4.3) zu übertragen.
- **Pilot Plug Adapter:** Stecker für den Pilot Plug des Schiffes mit BT oder WiFi-Verbindung zur PPU.
- **Pilot Plug Adapter mit eigener Sensorik:** Adapter, teilweise mit eigenem GPS-Empfänger oder einem *Rate of Turn*-Sensor, um beim Befahren von Kurven eine *Path Prediction* anzeigen zu können, wenn kein ROT über AIS empfangen wird.

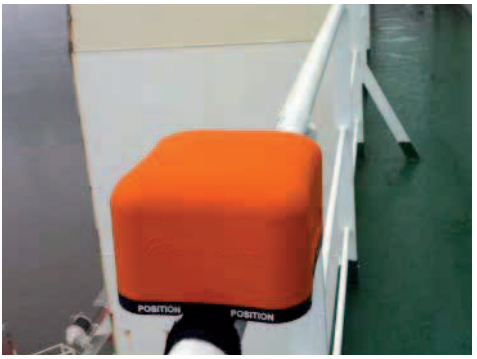


Abb. 11.2.5: Eine von drei Sensorboxen einer High End PPU

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

– **PPU-Boxen:** Unabhängige, hochentwickelte Sensorik (High End PPU), mit der ein Lotse selbst beurteilen kann, wie genau und verlässlich die genutzten Werte sind (Abb. 11.2.5).

PPU-Boxen werden von Lotsen zusammen mit dem PPU-Computer in speziellen Behältern an Bord genommen. Es kommen Komponenten höherer Qualität (u. a. genauer als DGPS) zum Einsatz, die im Normalfall auf Schiffen so nicht zu finden sind: Eigene AIS-Antenne, Multi-Channel GNSS, integrierte Positionsempfänger (Kap. 3.1), Real-Time Kinematik, Satellitenkompasse (Kap. 3.2), Rate-of-Turn-Sensor (häufig: Fiberoptic Gyro, s. Kap. 3.2), Bewegungssensoren (MEMS = *Micro Electronic Motion Sensors*).

(3) Seekarten

Auf den PPUs von Lotsen werden zwar auch offizielle am Markt erhältliche ENCs verwendet, meistens jedoch kommen andere Seekarten zum Einsatz, die mehr Informationen enthalten und in kurzen Intervallen (z. B. bis zu täglich möglich) verbessert werden können:

– **Spezielle ENCs:** von Behörden oder Lotsenorganisationen erstellte Spezialkarten, ähnlich ENCs;
– **PortENCs:** nicht offizieller Standard für Hafenkarten, z. B. mit Verkehrsschildern und Pollernummern;
– **bENCs:** *Bathymetric ENCs* für hochgenaue Tiefenangaben in hoher Dichte, die in das genutzte Seekarten-Display integriert werden, wobei keine Karteninhalte verdeckt werden. Hamburger Hafenlotsen erhalten bENCs im Zwei-Wochen-Takt.

(4) Zusätzliches Informationssystem für Lotsen

Lotsen nutzen neben Seekarteninformationen eine große Zahl weiterer Informationen. Diese werden meistens von der jeweiligen Lotsenorganisation per *Client-Server*-Datenbanksystem zur Verfügung gestellt. Es können – je nach Entwicklungsgrad einer Lotsenorganisation oder der informationsgebenden Behörde – sehr unterschiedliche Informationen per PPU abgefragt werden, wie

– Umweltdaten (Wetter, Sicht, Tide, Stromverhältnisse),
– Revierdaten (z. B. Brückendurchfahrtshöhen, Brücken- und Schleusensignale),
– Schiffsdaten (eigene Schiffdatenbank),
– Liegeplatzdaten, Verkehrslisten, Grundlagen (z. B. Windlastberechnung) sowie
– Spezielle Daten sonstiger Schifffahrtsbeteiligter (z. B. Vertäupläne, Baustellenlage),

oder

– Administrative Informationen (z. B. Bekanntmachungen und Warnungen, Gesetze, Verordnungen, Schifffahrts-Polizeiliche Genehmigungen, Port Monitor),
– Lotsinterne Informationen (z. B. Adressen, Einsatzregeln) sowie
– Kontaktdaten relevanter Schifffahrtsbeteiligter (z. B. Revierzentralen, Behörden, Schleusenwärter, Terminalbertreiber, Shuttlebusse).

11.2.3 Erfahrungen, Vor- und Nachteile und Gefahren durch PPUs

Nach bisherigen Erfahrungen hat die Nutzung von PPUs für die Lotsen viele Vorteile.

Wichtig ist, dass das System insgesamt gut funktioniert, die Lotsen es bedienen können und sie sich der möglichen Fehlermöglichkeiten und Nachteile bewusst sind.

Vorteile:

PPUs bieten gute Revierübersicht, erleichterte Verkehrsplanung, umfangreiche Informationen, hochgenaue Seekarten, Reduzierung der verbalen Kommunikation, ortsunabhängige Lotsvorbereitung, automatisierte Datenverteilung durch Lotsenorganisation, automatisierte Warn- und

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Benachrichtigungssysteme durch Behörden, Vereinfachung administrativer Vorgänge und eine vertraute Bedienoberfläche.

Fehlermöglichkeiten und Nachteile:
Kritisch zu sehen sind technische Fehlermöglichkeiten (die teilweise auf der PPU nicht erkannt werden können), Ablenkung vom Wesentlichen („Blick aus dem Fenster“), Datengläubigkeit, keine Redundanz, weniger „handwerkliches“ und intuitives Können, zusätzlicher administrativer Aufwand, zusätzlicher Schulungsaufwand, *Information Overflow.*

PPUs dienen immer nur als zusätzliche Informationsquelle. Da aus systemimmanenten Gründen
– nicht alle Verkehrsteilnehmer mit AIS ausgerüstet sind,
– AIS- und PPU-Informationen fehlerhaft sein können und
– PPUs bzw. Teile ihrer Inhalte eventuell nicht offiziell verifiziert oder zertifiziert sind,

können PPUs nicht Bordmittel eines Schiffes wie Radar (Kap. 4.2) und ECDIS (siehe Kap. 4.1) oder den „Blick aus dem Fenster“ ersetzen. Präzises Manövrieren mit PPUs allein ist wegen vieler systemimmanenter Fehlermöglichkeiten nicht möglich! Lotsen wie Schiffsführungen müssen immer alle ihnen zur Verfügung stehenden Informationsquellen nutzen.

Fehler, die immer wieder beobachtet werden, sind u. a.
– schlechte GNSS-Position, z. B. durch „Multi-Path-Effekte“ (auch bei PPU-Sensorboxen);
– falsche AIS-Schiffsdaten, z. B. falsche Antennenposition oder Ausmaße von Schiffen;
– verzögerte AIS-Datenübertragung durch eine zu hohe Anzahl von Schiffen (Systemüberlastung);
– verzögerte (keine) Internetdaten bei „AIS-over-IP“ (Netzüberlastung; Empfangsbereich);
– Verbindungsabbruch in Brückennock zwischen Pilot-Plug-Adapter und PPU-Rechner;
– falsche oder veraltete Inhalte der PPU und Softwarefehler.

Beispiele:
(1) Gefahr durch falsche Position des Fremdschiffes im Fahrwasser (Abb. 11.2.6): Das kleine Schubboot „NN2“ (grünes Dreieck) kommt dem Eigenschiff (weiß umrandet) nachweislich (!) nur anscheinend sehr nahe. Tatsächlich befand es sich in dieser beobachteten Situation – aufgrund eines jahrelang beobachteten AIS-Positionsfehlers – etwa 75 m weiter westlich.
(2) Gefahr durch nachweislich (!) falsch positionierten Schiffsumriss (Abb. 11.2.7): Das Schiff „NN4“ (Länge 178 m) wird etwa 160 m zu weit nach vorn versetzt dargestellt, so dass sein Abbild mit dem der „NN5“ (Länge 170 m) überlappt (dunkelroter Bereich). Mögliche Erklärung: Die gemessenen Abstände der beiden GPS-Antennenpositionen (kleine schwarze

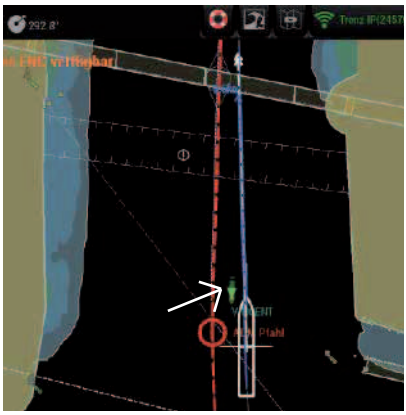


Abb. 11.2.6: Gefahr durch falsche Position des Fremdschiffes im Fahrwasser (siehe Beispiel 1)

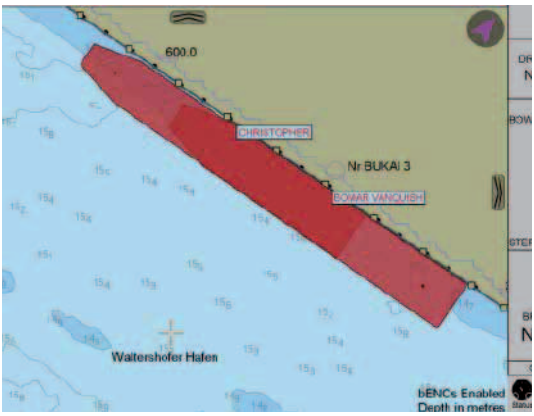


Abb. 11.2.7: Gefahr durch nachweislich (!) falschen Schiffsumriss (siehe Beispiel 2)

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Punkte am Bug bzw. am Heck) zum Bug und zum Heck sind in den AIS-Grunddaten von „NN1“ falsch (nämlich verwechselt) festgelegt.

(3) Gefahr durch nachweislich (!) falsche Vektoren während eines Drehmanövers (Abb. 11.2.8): Das Schiff „NN3“ sendet per AIS mit Anschluss von zwei Antennen Vektordaten (KÜG/FÜG; weiß), die vermutlich nicht (!) für die Antennenposition auf Höhe der Brücke gelten (obwohl der Vektor dort ansetzt), sondern stattdessen für die 2. Antennenposition am Bug. In der Folge berechnet die Navigations-App der PPU beim Drehen des Schiffes mit Hilfe der ROT falsche Vektoren (blau) für den Bug und das Heck sowie eine falsche *Prediction*. Während sich das Heck real nach Steuerbord bewegt (Nachweis: Vektoren der Schlepper am Heck (grün) bei steifer Leine), wird beim Drehen eine Bewegung nach Backbord angezeigt.

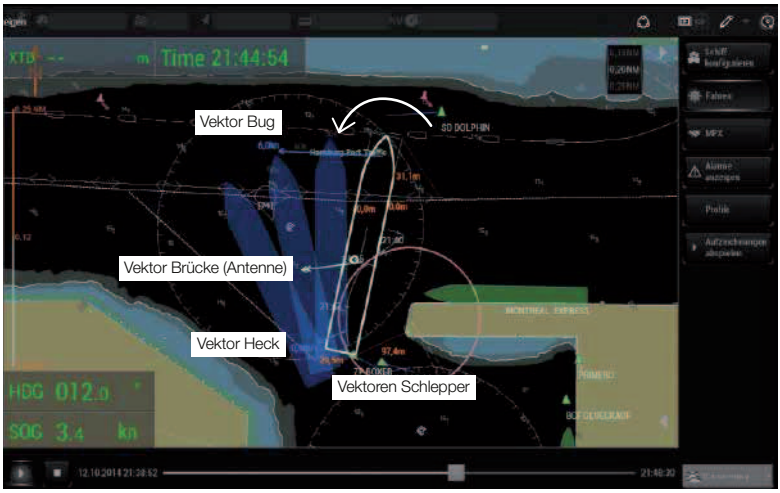


Abb. 11.2.8: Gefahr durch falsche Vektoren während eines Manövers (siehe Beispiel 3)

Heute (2016) wird die Nutzung von PPUs von Lotsen und Kapitänen akzeptiert und als normal erachtet. Ein kontinuierlicher Austausch relevanter Informationen zwischen Lotse und Kapitän bzw. Wachoffizier bleibt auch bei der Nutzung von PPUs erforderlich, damit diese umfassend informiert sind und ggf. rechtzeitig eingreifen können.

Zu Beginn einer Lotsung dienen PPUs dem *Master-Pilot-Exchange*. Die Möglichkeiten der jederzeitigen Datenabfrage (z. B. Verkehrslage, Tide, Wettervorhersage) und der Darstellung des Reviers (z. B. mit aktuellen Tiefenkonturen), die über die Möglichkeiten einer ECDIS weit hinausgehen, werden von vielen Kapitänen positiv bewertet.

Zu beachten: Wenn Lotsen eine PPU nutzen, besteht einer ihrer ersten Aufgaben an Bord darin, durch optische Beobachtungen (Der Blick nach draußen!), durch Vergleich mit Bord-Radarbildern und ECDIS, durch Befragung des Kapitäns und ggf. durch Abgleich mit der landgestützten Radarberatung sowie durch Daten einer PPU-Schiffsdatenbank abzuschätzen, wie genau und verlässlich die Anzeige des Schiffes auf der PPU ist.

Typische Fehlermöglichkeiten bestehen unabhängig davon, ob die GPS-Position mit der Bord-ECDIS oder einer PPU genutzt wird. Im Zweifel bietet das Radar eine nicht genauere, aber verlässlichere Information. Auch wenn die genutzten AIS-Daten gelegentlich fehlerhaft sind, ist eine Verbesserung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs offensichtlich. Lotsen und Schiffsführungen müssen jedoch auch bei elektronischen Hilfsmitteln die elektronischen Daten mit der Wirklichkeit abgleichen, Redundanzen nutzen und Fehler erkennen können.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Das Autorenteam

Michael Bergmann, MBA

MBA an der Universität von Liverpool. Dipl. Rel. Päd. FH – Kath.-Universität Mainz. Direktor Maritime Industrie bei Jeppesen, vorher verantwortlich für Softwareentwicklung. Beobachter, Fachberater bei IHO und IMO. Industriemitglied der IALA. Präsident der CIRM (Comité International Radio-Maritime). Mitglied des „Editorial Advisory Board" der Zeitschrift „Hydro International". Mitglied der Society of Naval Architects and Maritime Engineers. Fellow des Royal Institute of Navigation. Associated Fellow des Nautical Institute. Mitglied des Rates der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation.

Prof. Dr. Bernhard Berking

Studium der Physik und Promotion (1968) an der TU Braunschweig, Habilitation an der Uni Hamburg (1975). Dozent (1973–1980) und Professor (1980–2005) an der HAW Hamburg. Visiting Professor (1985–2005) an der World Maritime University (WMU). Leiter der Schifffahrtskommission der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON) (1984–2003). Fellow of RIN. Arbeitsschwerpunkte: Maritime Ausbildung und technische Navigation.

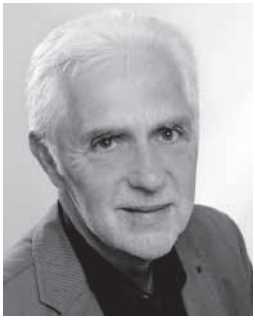
Prof. Ralf Brauner

Studium der Meteorologie mit Nebenfach Ozeanografie an der Universität Hamburg. Von 1992–2009 Mitarbeiter beim Deutschen Wetterdienst in Hamburg mit Schwerpunkt Seewettervorhersage, Teilnahme an zahlreichen Expeditionen auf den Forschungsschiffen „Polarstern" und „Meteor" und auf der Forschungsstation Neumayer in der Antarktis. Seit 2009 Professor für Maritime Meteorologie und Informatik am Fachbereich Seefahrt und Logistik der Jade Hochschule in Elsfleth.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Kapitän Hans-Heinrich Callsen-Bracker

Berufsausbildung bei der Reederei F. Laeisz und der Hapag-Lloyd AG. Studium zum Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr und Kapitän AG an der FH Hamburg. 11 Jahre Fahrzeit als Schiffsoffizier bei der Hapag-Lloyd AG. Von 1991–2016 im Bundesverkehrsministerium im Referat „Sicherheit der Seeschifffahrt" zuständig u. a. für nautische Grundsatzfragen. Leiter deutscher Delegationen u. a. auch bei der IMO, insbesondere des Unterausschusses „Safety of Navigation" und Leiter diverser nationaler und internationaler Gremien.



Kapitän Hartmut H. Hilmer

Matrose und Offiziersassistent in der Oil-Offshore-, Schwer- und Stückgutfahrt. Schiffsoffizier und Kapitän auf Massengutschiffen, Produktentankern und Passagierschiffen. 1982 Wechsel in die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung mit Einsatz im VTS Brunsbüttel sowie den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern Hamburg und Cuxhaven. Seit 1997 Einsatz in der heutigen Generaldirektion Wasserstraßen- und Schifffahrt in Kiel; Aufgabenschwerpunkte: Nautische Grundsatzangelegenheiten, VTS, Internationale Angelegenheiten u. a.

Kapitän Prof. Werner Huth

Berufsausbildung bei der Hamburg-Amerika-Linie. Ausbildung an der Hamburger Seefahrtschule zum Schiffsoffizier und Kapitän. Fahrzeit als Schiffsoffizier bei der Hapag-Lloyd AG. 1973–2006 Lehrtätigkeit am Fachbereich Seefahrt der FH Hamburg (später Institut für Schiffsbetrieb, Seeverkehr und Simulation ISSUS) u. a. in den Fächern Manövrieren, Navigation und Schiffsführung. 21 Jahre Sprecher des Fachbereichs bzw. Geschäftsführender Direktor ISSUS. Über 30 Jahre tätig in der Seeunfalluntersuchung (Seeamt Hamburg, Bundesoberseeamt) und als Sachverständiger für diverse Gerichte. Mitglied im Vorstand der Berufsgenossenschaft Verkehr.

Prof. Dr.-Ing. Holger Korte

Vollmatrose bei der Deutschen Seereederei (DSR). 1987–1992 Studium zum Verkehrsingenieur/Schiffsführung (Patent AGW) an der IH für Seefahrt Warnemünde/Wustrow und Universität Rostock. Danach wiss. Mitarbeiter an der Uni Rostock. 2000 Promotion zur Bahnregelung von maritimen Schleppsystemen. 2004–2005 Postdoc an der Kinki-Daigaku University Osaka/Nara. Studium in der Fischereitechnik. 2005–2007 Gruppenleiter „Maritime Automatisierungstechnik" an der Uni Rostock. 2008 Professur für Ladungstechnik/Umweltschutz, FB Seefahrt Elsfleth. Forschungen in der Offshore-Technologie und Schiffsautomation.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Majohr

1956–1962 Studium der Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, TU Ilmenau. 1962–1971 Entwicklungsingenieur für elektronische Schiffsführungsanlagen im Funkwerk Berlin-Köpenick. 1963–1969 apl. wiss. Aspirantur und Promotion Regelungstechnik TU Magdeburg. Wiss. Oberassistent (ab 1971), Dozent (ab 1975), a. o. Professor für Technische Systeme der Navigation (1989–1992) Hochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow. 1981 Habilitation Kursregelung TU Dresden. 1992–1996 Bereich Maritime Ausbildung der Uni Rostock, seit 1996 Lehraufträge für maritime Sensorik und Regelung sowie Forschungstätigkeit Uni Rostock, Institut für Automatisierungstechnik.

Dipl.-Ing. Florian Motz

Gruppenleiter für Organisationsergonomie beim Fraunhofer-FKIE. Seit 1995 befasst mit ergonomischer Schiffsbrückengestaltung, Integration und Darstellung von Navigationsinformationen, Konzeption von integrierten Navigationssystemen und e-Navigation. Seit 1997 Mitglied der deutschen Delegation beim IMO Subcommittee NAV/NCSR. Für Deutschland Leitung der IMO „Correspondence Groups“ für INS und IBS und zur harmonisierten Präsentation von Navigationsinformationen.

Dipl.-Ing. Ralf-Dieter Preuß

Ausbildung zum Diplom-Ingenieur für Nachrichtentechnik an der Technischen Universität Hannover. Von 1983–1995 für die Wasserstraßenverwaltung der Bundesrepublik Deutschland tätig, zunächst im Entwurf von Spezialschiffen, dann in der Betreuung von technischen Einrichtungen. Seit 1995 beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) u. a. für RADAR, Funk-Kommunikation und AIS zuständig. Teilnahme am Projekt BAFEGIS und aktiv im Standardisierungsprozess für das AIS. Leiter des akkreditierten Navigationslabors des BSH, verantwortlich für Prüfung und internationale Entwicklung von Navigationssystemen.

Dipl.-Ing. Jochen Ritterbusch

Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Braunschweig. 1988–2000 Entwicklungsingenieur bei der SAM Electronics GmbH im Bereich maritime Navigations- und Kommunikationssysteme. Seit 2003 beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) für Navigationssysteme zuständig. 2006 Übernahme der Sachgebietsleitung „Navigationssysteme, Satellitennavigation“.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Prof. Günter Schmidt

Berufsausbildung bei der Reederei Hapag-Lloyd AG. Studium im Fachbereich Seefahrt der Fachhochschule Hamburg. Fahrtzeit als Nautischer Wachoffizier. Studium der See- und Hafenwirtschaft an der Universität Hamburg. Von 1988–2012 Dozent an der HAW Hamburg und der Fachhochschule Flensburg. Seit 2012 Professor an der FH Flensburg für die Fachgebiete Navigation, Meteorologie und Telekommunikation.

Kapitän Sven Stemmler

Ausbildung und Fahrtzeit als Schiffsmechaniker. Studium an der FH Hamburg (FB Seefahrt) zum Dipl.-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr. Offizier bei den Reedereien Hamburg-Süd, Claus-Peter Offen und F.A. Detjen. 1998–2001 Kapitän auf Containerschiffen der Reederei F.A. Detjen. Seit 2001 Hamburger Hafenlotse. Seit 2009 Trainer für elektronische Seekartensysteme und Schiffssimulation. Seit 2010 Mitglied der PIA-Gruppe (Arbeitsgruppe der Deutschen Lotsenbrüderschaften zur Entwicklung eines elektronischen „Pilot Information Assistant"). Seit 2015 Sprecher der PIA-Gruppe.

Prof. Dr. Christoph Wand

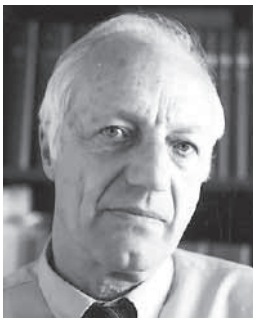
Ausbildung als NOB/NOA und Nautik-Studium in Bremen. Seefahrtzeit als Nautischer Offizier und Kapitän auf Schwergutschiffen, Mehrzweckfrachtern und Großseglern. Nebenberufliche Studien in Mathematik und Physik (Dipl.-Math.) in Bremen, Hagen und Münster und Theologie und Philosophie (Dr. Theol.) in Münster. Seit 1998 Professor für Technische Schiffsführung am Fachbereich Seefahrt in Elsfleth. Präsident des Verbands Deutscher Kapitäne und Schiffsoffiziere.

Prof. Dr. Ralf Wandelt

Nautik-Studium am Fachbereich Seefahrt in Elsfleth, Seefahrtzeit als nautischer Wachoffizier. Studium der Physik und Ozeanografie an den Universitäten Oldenburg und Kiel. Promotion in Theoretischer Physik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven und an der Universität Oldenburg. Seit 1995 Professor für Physik und Schiffstheorie am Fachbereich Seefahrt in Elsfleth.

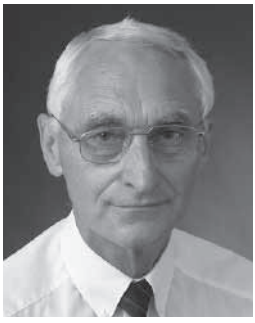
Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Prof. Hanno Weber



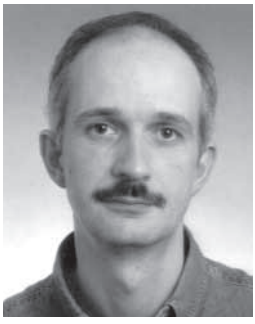
Nautische Patente in Hamburg. Borderfahrung auf Handelsschiffen in allen Bereichen vom Schiffsjungen bis zum Kapitän. Jurastudium und 2. Staatsexamen in Hamburg. Lehrtätigkeit von 1973–2003 in Schifffahrtsrecht am Fachbereich Seefahrt der Fachhochschule Hamburg/HAW Hamburg.

Dipl.-Ing. (FH) Kapitän Gert Weißflog



Vollmatrose bei der Deutschen Seereederei Rostock (DSR). Studium an der Seefahrtsschule Wustrow und an der IH für Seefahrt Warnemünde/Wustrow (Dipl.-Ing.) mit dazwischenliegender und anschließender Fahrzeit als nautischer Offizier auf verschiedenen Schiffen der DSR. Ab 1975 zehnjährige Lehrtätigkeit an der IH für Seefahrt Warnemünde/Wustrow in der Aus- und Weiterbildung von Nautikern, danach Fahrzeiten auf Schiffen der DSR und Tätigkeit in nautischen Inspektionen der DSR. Ab 1992 Lehrtätigkeit am Fachbereich Seefahrt der Hochschule Wismar, Fachschulbildungsgänge Nautik (bis 2009).

Dipl.-Ing. Stefan Wessels (StD)



Berufsausbildung und Fahrzeit als Schiffsmechaniker. Studium Schiffsbetrieb an der FH Hamburg, Fachbereich Seefahrt. Seefahrtzeiten als Schiffsbetriebsoffizier, 1. Offizier und Kapitän. Ab 2000 Lehrer und Koordinator an der Staatlichen Seefahrtschule Cuxhaven. Fachgebiete: Seemannschaft, Navigation und Nautische Simulation. Leitung und technische Betreuung des Schiffsführungssimulators.

Dipl.-Ing. (FH) Kapitän Matthias Wilhelm

Berufsausbildung und Fahrtzeit als Schiffsmechaniker. Nautik-Studium in Leer und Bremen. Fahrtzeit als Offizier und Kapitän auf Frachtschiffen sowie Schiffen der Forschung und Offshore-Schifffahrt. Seit 2006 Berater, Gutachter- und Dozententätigkeit u. a. für den DNV GL. Ab 2004 Lehrtätigkeit an der staatlichen Seefahrtschule Cuxhaven und berufsbegleitendes Studium zum Erwerb der Lehrbefähigung an berufsbildenden Schule.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
a	Abweitung
AAIC	*Accounting Authority Identification Code*
Abl	Ablenkung
Abl	Magnetkompass-Ablenkung (als Formelzeichen δ_{Mg})
ABZ	Allgemeines Betriebszeugnis für Funker
ACCW	*Actual Course Change Warning*; aktuelle Ankündigung einer Kursänderung
ADCP	*Acoustic Doppler Current Profiler*; Akustischer Doppler-Strömungsprofilsensor
AFC	*Automatic Frequency Control*
AIS	*Automatic Identification System*
Answerback	Zusätzliche Kennung einer Telex-Einrichtung bei der Nachrichtenübermittlung
AOR-E	*Atlantic Ocean Region East*
AOR-W	*Atlantic Ocean Region West*
A_r	Reflexionsfläche
ARCS	*Admiralty Raster Chart Service*
ARQ	*Automatic Repetition Request*
AUV	*Autonomous Underwater Vehicles*
A_z	Azimutwinkel Kreisel
b	Breitenunterschied in Seemeilen (Breitendistanz)
BAM	*Bridge Alert Management*
bENC	*bathymetric ENC*
Bf	Beschleunigungsfehlerberichtigung 1. Art
BG Verkehr	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft
BIIT	*Built-in integrity test*; Selbsttestfunktion
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNetzA	Bundesnetzagentur
BRM	*Bridge Resource Management*
BRZ	Bruttoraumzahl
BS	Beschickung für Strom
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
BSU	Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
BT	*Bottom Track*; Anzeige FüG Dopplerlog
BTM	*Bridge Team Management*
BW	Beschickung für Wind
c	Lichtgeschwindigkeit
C/A-Code	*Coarse Acquisition-Code*; Grobcode GPS
CAM	*Central Alert Management*
CCRS	*Consistent Common Reference System*
CD	*Compact Disc*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
CEP	*Circular error probability* (Fehlerkreisradius)
CES	*Coast Earth Station*
CFAR	*Constant False Alarm Rate*
CFR	*Code of Federal Regulations*
COG	*Course over Ground*; Kurs über Grund
COLREG's	*Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*
COSPAS	*Cosmicheskaya Sistyeme Poiska Avariynich Sudov*
CPA	*Closest Point of Approach*
CSS	*Coordinator Surface Search*
CTD	*Cross Track Distance*; Querabweichung von der Sollbahn
C UP	*Course Up*
c_w	Schallgeschwindigkeit im Seewasser
d	Distanz
D	Durchmesser
DGPS	*Differential Global Positioning System*
(D)GPS	GPS bzw. GPS mit DGPS-Korrekturen
DGzRS	Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger
DP	*Dynamic Positioning*
DPO	*Dynamic Postioning Operator*
drms	*Distance root mean square* (Mittlerer Punktfehler)
DSC	*Digital Selective Calling*; Digitaler Selektivruf im Seefunk
DTG	*Distance To Go*
E	Elektrische Feldstärke
EBL	*Electronic Bearing Line*
ECCW	*Early Course Change Warning*; frühzeitige Ankündigung einer Kursänderung
ECDIS	*Electronic Chart Display and Information System*
ECS	*Electronic Chart System*
EGC	*Enhanced Group Call*
EL	Wassertiefe unter Kiel bei Echolotung
EM-Log	Elektromagnetisches Log
e-Nav	*Electronic Navigation*
ENC	*Electronic Navigational Chart*
EPIRB	*Emergency Position Indicating Radio Beacon*
ETA	*Estimated Time of Arrival*
f	Frequenz einer Schwingung
f	Gezeitenfaktor
FAG	Gesetz über Fernmeldeanlagen (Fernmeldeanlagengesetz)
FD	Falldauer

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
FdW	Fahrt durchs Wasser
FEC	*Forward Error Correction*
Ff	Fahrtfehler
Ff	Fahrtfehlerberichtigung (als Formelzeichen δ_{Kr})
FMEA	*Failure Mode and Effects Analysis*
FMECA	*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*
FOG	*Fibre Optic Gyro*
FTC	*Fast Time Constant*
FU	*Follow Up Rudder Control*; Folgeregelung des Ruders
FüG	Fahrt über Grund
g	Erdbeschleunigung
G	Antennengewinn
GEOSAR	*Geostationary Search and Rescue System*
GMDSS	*Global Maritime Distress and Safety System*; weltweites Seenotfunksystem
GNSS	*Global Navigation Satellite System*
GOC	*General Operator's Certificate*
GPS	*Global Positioning System*
GT	*Gross Tonnage*
GW	Grenzwelle
H	Höhe der Gezeit, Leuchtfeuerhöhe
H	Horizontalkomponente magnetische Flussdichte
HDLC	*High Level Data Link Control*; Datenübertragungsprotokoll
HDOP	*Horizontal Dilution of Precision*
HF	*High Frequency*
HMI	*Human Machine Interface*
HSC	*High Speed Craft*; Hochgeschwindigkeitsfahrzeug
HUG	Höhenunterschied Gezeit
H UP	*Head Up*
HWH	Hochwasserhöhe
HWZ	Hochwasserzeit
I	Inklination
ICS	*International Chamber of Shipping*
IEC	*International Electrotechnical Commission*
IHO	*International Hydrographic Organization*
ILO	*International Labour Organization* (Internationale Arbeitsorganisation)
IMCA	*International Marine Contractors Association*
IMN	*Inmarsat Mobile Number*
IMO	*International Maritime Organization*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
IMPA	*International Maritime Pilots' Association*
Inmarsat	*International Mobile Satellite Organization*
INS	*Integrated Navigation System*
IOR	*Indian Ocean Region*
IR	*Interference Rejection*
ISB	Internationales Signalbuch
ISM	*International Safety Management (Code)*
ISO	*International Organization for Standardization*
I-System	Integral-System
ITU	*International Telecommunication Union*
KdW	Kurs durchs Wasser
KF	Kalman-Filter
KN	Karten-Null
KrA	Kreisel-A
KrFw	Kreiselkompassfehlweisung
KrK	Kreiselkompasskurs
KrN	Kreisel-Nord
KrP	Kreiselkompasspeilung
KrR	Kreisel-R
KT	Kartentiefe
KüFust	Küstenfunkstelle
KüG	Kurs über Grund
KVR	*International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1973*; Kollisionsverhütungsregeln
KVZ	Küstenverkehrszone
LAT	*Latitude*
LEOSAR	*Low-altitude Earth Orbit System for Search and Rescue*
LES	*Land Earth Station*
LON	*Longitude*
LP	*Long Pulse*
LRC	*Long Range Certificate*
LRIT	*Long Range Information and Tracking*; System zur Identifizierung von Schiffen über große Entfernungen
LUT	*Local User Terminal*
Master Plan	Veröffentlichung der IMO; Erfassung aller landseitigen GMDSS-Einrichtungen
MCC	*Mission Control Centre*
MEMS	*Micro Electronic Motion Sensors*
METAREA	*Meteorological Area*
MF	*Medium Frequency*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
MgK	Magnetkompasskurs
MgN	Magnetkompass-Nord
MgP	Magnetkompasspeilung
MID	*Maritime Identification Digit;* Seefunkkennzahl eines Landes
MKD	*Minimum Keybord and Display*; Bedienpanel für AIS
MLC	*Maritime Labour Convention* (Seearbeitsübereinkommen)
MMSI	*Maritime Mobile Service Identity*; Identitätsmerkmal für den mobilen Seefunkdienst
MobSatAnl	Mobile Satellitenanlage
MoU	*Memorandum of Understanding*
MP	*Medium Pulse*
MRCC	*Maritime Rescue Coordination Centre*
MRU	*Motion Reference Unit*
MSI	*Maritime Safety Information*
Mw	Missweisung
mwK	missweisender Kurs
mwN	missweisend Nord
mwP	missweisende Peilung
n	Höhenwinkel in Bogenminuten
NAVAREA	Vorhersage- und Warnbereich für koordinierte Aussendung von nautischen Warnnachrichten
NAVTEX	*Navigational Warnings by Telex*
NCS	*Network Coordination Station*
NfS	Nachrichten für Seefahrer
NFU	*Non Follow Up Rudder Control*; Zeitsteuerung des Ruders
NL-Filter	Nichtlineares Filter
NMEA	Internationaler Standard zum Austausch von digitalen maritimen Sensordaten
NOC	*Network Operations Centre*
N UP	*North Up*
NWH	Niedrigwasserhöhe
NWZ	Niedrigwasserzeit
OOW	*Officer Of the Watch*
OSC	*On Scene Coordinator*
p	hydrostatischer Druck
P	Leistung
PI	*Parallel Indexing*
PI-Regler	Proportional-Integral-Regler
PID-Regler	Proportional-, Integral-, Differential-Regler
POR	*Pacific Ocean Region*
PPU	*Portable Pilot Unit*; Lotsen-Terminal

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
PRF	*Pulse Repetition Frequency*
PSC (O)	*Port State Control (Officer)*
P-System	Proportional-System
PT1-System	Proportionalsystem mit Verzögerung 1. Ordnung
Q-Gruppen	Mit dem Buchstaben „Q“ beginnende Codierungen für den Funkdienst, festgelegt in der VO Funk
R	Reflexionsfaktor
RACON	*RAdar BeaCON*
RADAR	*Radio Detection and Ranging*
Radiotelex	Terrestrisches Telexverfahren über Frequenzen im MF-(GW-) und HF-(KW-)Bereich
RAIM	*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*
RCC	*Rescue Coordination Centre*
RCDS	*Raster Chart Display System*
RENC	*Regional ENC Coordination Centre*
RM	*Relative Motion*
RMS-Fehler	*Root Mean Square*-Fehler (68 %)
RNC	*Raster Navigational Chart*
ROC	*Restricted Operator’s Certificate*
RoT	*Rate of Turn*; Drehrate
ROV	*Remotely Operated Vehicles*
RR	*Radio Regulations* (deutsche Fassung: VO Funk)
RTK	*Real Time Kinematic*
rwK	rechtweisender Kurs
rwN	rechtweisend Nord
rwP	rechtweisende Peilung
RX	*Receiver*
S	Salzgehalt des Seewassers
S-52	*Special Publication 52 (IHO)*
S-57	*Special Publication 57 (IHO)*
S-61	*Special Publication 61 (IHO)*
S-63	*Special Publication 63 (IHO)*
SA	*Selective Availability*
SAR	*Search And Rescue*; Suche und Rettung
SARSAT	*Search And Rescue Satellite Aided Tracking*
SART	*Search and Rescue Radar Transponder*
SchSV	Schiffssicherheitsverordnung
SD	Steigdauer
See-BG	See-Berufsgenossenschaft (jetzt BG Verkehr)
SeeFust	Seefunkstelle

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
SeeSchStrO	Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung
SENC	*System Electronic Navigational Chart*
SES	*Ship Earth Station*
SITOR	*Simplex Telex over Radio*
SMS	*Safety Management System*
SOG	*Speed over Ground*; Geschwindigkeit über Grund
SOLAS	*Safety of Life at Sea (IMO)*
SOTDMA	*Self-organized Time Division Multiple Access*; zeitgesteuertes Zugriffsverfahren
SP	*Short Pulse*
SPS	*Standard Positioning Service*
SRC	*Short Range Certificate*
STC	*Sensitivity Time Control*
STCW	*Standards for Training, Certification and Watchkeeping*
STCW-Ü	Internationales Übereinkommen von 1978 über Normen für die Ausbildung, Erteilung von Befähigungszeugnissen und den Wachdienst von Seeleuten
S-VDR	*Simplified Voyage Data Recorder;* vereinfachter Schiffsdatenschreiber
t	Zeit
T	magnetische Flussdichte/Induktion
T	Tiefgang des Schiffes
T	Zeitperiode einer Schwingung
TCPA	*Time to the closest Point of Approach*
TF	Tidenfall
TH	Tidenhub
THD	*Transmitting Heading Device*; Kursübertragungseinrichtung
TKG	Telekommunikationsgesetz
TM	*True Motion*
TMHD	*Transmitting Magnetic Heading Device*; Kursübertragungseinrichtung mit Magnetfeldsensor
TR	*Travel Report*
Transceiver	Kunstwort aus Transmitter und Receiver
TS	Tidenstieg
TTG	*Time To Go*
T_w	Wassertemperatur
TX	*Transmitter*
u	Elektrische Spannung
u	Schallauschlag
UBI	UKW-Sprechfunkzeugnis für den Binnenschifffahrtsfunk
UBZ	UKW-Betriebszeugnis für Funker
UKC	*Under Keel Clearance*

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
UKHO	*United Kingdom Hydrographic Office*
UKW	Ultrakurzwelle
UN/LOCODE	*United Nations Code for Trade and Transport Locations*
USB	*Universal Serial Bus*; serielles Bussystem zwischen Computer mit externen Geräten
UTC	*Universal Time Coordinated*
v	Schiffsgeschwindigkeit
V	Geschwindigkeit der Erde am Äquator (900 Knoten)
V	Vertikalkomponente magnetische Flussdichte
$\overrightarrow{V_A}$	Absolute Geschwindigkeit des Eigenschiffs A
$\overrightarrow{V_B}$	Absolute Geschwindigkeit des Fremdschiffs B
$\overrightarrow{V_{Br}}$	Relative Geschwindigkeit des Fremdschiffs B
VDR	*Voyage Data Recorder*; Schiffsdatenschreiber
VHF	*Very High Frequency*
v_g	Geschwindigkeit über Grund
VO Funk	Vollzugsordnung für den Funkdienst
VRM	*Variable Range Marker*
VRS	*Vertical Reference System*
VTG	Verkehrstrennungsgebiet
VTS	*Vessel traffic service*; Verkehrszentrale
v_w	Geschwindigkeit durchs Wasser
W	Energie
WARC	*World Administrative Radio Conference*
WGS-84	*World Geodetic System 1984*; geodätisches Bezugssystem
WMO	*World Meteorological Organization*
WOL	*Wheel Over Line*; Ruderlegelinie
WOP	*Wheel Over Point*; Ruderlegepunkt
WOT	*Wheel Over Time*; Ruderlegezeit
WP	*Way Point*
WPB	*Way Point Bearing*; Peilung zum Wegpunkt
WPD	*Way Point Distance*; Distanz zum Wegpunkt
WPT	*Way Point;* Wegpunkt
WT	Wassertiefe
WT	*Water Track;* Anzeige FdW Dopplerlog
WWNWS	*World-Wide Navigational Warning Service*
ZUG	Zeitunterschied Gezeit
α	Dämpfungsfaktor Schallwellen
α	Kurswinkel
α	Öffnungswinkel Schallkeule

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Abkürzungs- und Formelverzeichnis	
Abkürzung	**Erläuterung**
δ	Abstrahlwinkel Dopplerlog
δ_R	Ruderwinkel
θ	Höhenwinkel Kreisel
λ	Geografische Länge
λ	Wellenlänge
$\Delta\lambda$	Längenunterschied als Winkel
σ	Standardabweichung, Fehler
ℓ	Längenunterschied in sm (Äquatormeridiandistanz)
φ	Geografische Breite
$\Delta\varphi$	Breitenunterschied als Winkel
Φ	Vergrößerte Breite
$\Delta\Phi$	Vergrößerter Breitenunterschied
ψ	aktueller Kurs
ψ	Kurswinkel
ω	Kreisfrequenz einer Schwingung
ω	Winkelgeschwindigkeit

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Literaturverzeichnis

[1.1.1] ICS: Bridge Procedure Guide (4th edition 2007)

[1.1.2] US Government: Code of Federal Regulations (CFR)

[1.1.3] IMO: International Safety Management Code (ISM)

[1.1.4] Checklisten im ICS: Bridge Procedure Guide (4th edition 2007)

[1.1.5] IMO: Safety Management System (SMS)

[1.1.6] BSU: Untersuchungsbericht 01/08

[1.1.7] ILO: Seearbeitsübereinkommen

[1.2.1] IMO: SOLAS Chapter V Rule 34

[1.2.2] United Kingdom Hydrographic Office (UKHO): Chart 5500

[1.2.3] IMO: Guidelines for Voyage Planning A 893(21)

[1.2.4] BSH: Handbuch für Brücke und Kartenhaus, Kap. 5 „Richtlinien für die Reiseplanung“

[1.2.5] BSH: Nachrichten für Seefahrer (NfS)

[1.2.6] BRD: Schiffssicherheitsgesetz vom 9.9.1998, zuletzt geändert durch Art. 1, 2 und 3 V v. 25.09.15

[1.2.7] Bundesoberseeamt Hamburg W1/97 (1)

[1.2.8] Landgericht Hamburg 413 O 93/06 (2)

[1.2.9] Landgericht Stade 32Cs-141 Js 1764/02 (3)

[1.2.10] IMO: Ship Management System (SMS)

[1.2.11] United States Naval Oceanographic Office: Atlas of Pilot Charts

[1.3.1] IMO: STCW Code

[1.3.2] BRD: Gesetz über das Seelotswesen vom 13.9.1984, zuletzt geändert durch Art. 563 V v. 31.08.15

[1.4.1] See-BG: Bekanntmachung der Richtlinien zur Beschaffung und Darstellung von Manövrierinformationen vom 24.4.1989

[1.4.2] IMO: Provision and Display of Manoeuvring Information on Board Ships A.601(15) vom 19.11.1987

[2.1.1] IHO: INT1 Symbols, Abbreviations, Terms Used on Charts, Monaco 2005

[2.1.2] Birr, H.; Kuschinsky, S.; Uhlig, L.: Leitfaden der Navigation – Terrestrische Navigation, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1968

[2.1.3] Meldau, O.; Steppes, O.: Lehrbuch der Navigation, Arthur Geist Verlag, Bremen 1963

[2.1.4] Hame, R.: Sphärische Trigonometrie, Ehrenwirth Verlag, München 1995

[2.1.5] Dietrich, G.; Kalle, K.; Krauss, W.; Siedler, G.: Allgemeine Meereskunde, Bornträger Verlag, Berlin 1975

[2.1.6] Huth, W.: Navigation für die Sport- und Berufsschifffahrt, DSV-Verlag, Hamburg 1998

[2.2.1] Damm, K.; Irminger, P.; Schultz, H.; Wand, C.: Sporthochseeschifferschein; Delius-Klasing, Bielefeld 2006

[2.2.2] Damm, K.; Irminger, P.; Schultz, H.; Wand, C.: Übungen und Aufgaben – Sporthochseeschifferschein, Delius-Klasing, Bielefeld 2007

[2.2.3] DSV-Verlag (Hrsg.): Begleitheft, Hilfsmittel für Ausbildung und Prüfung zum Sportseeschifferschein und Sporthochseeschifferschein, Hamburg 2005

[2.2.4] Lütjen, J.; Stein, W. (Hrsg.): FULST Nautische Tafeln, Bremen 1981

[2.2.5] Blange, A. G. (Hrsg.): Norie’s Nautical Tables, St. Ives, Cambridgeshire (GB) 1994

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

[2.2.6] US Hydrographic Office: Sight Reduction Tables; Pub. No. 249, Vol. 1 Selected Stars. Downloads kostenlos: http://pollux/nss.nima.mil/pubs/

[3.1.1] Berking, B.: Satellitennavigation und GPS; Up-to-date Weiterbildung Nr. 50, Hamburg 1990

[3.1.2] Ackroyd, N.; Lorimer, R.: Global Navigation – A GPS User's Guide, London 1990

[3.1.3] IMO: Performance Standards for Shipborne GPS Receiver Equipment, Res. MSC.112(73), 2000

[3.1.4] Volpe, A.: Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on GPS; US DOT 2001

[3.1.5] IMO: Performance Standards for Shipborne Galileo Receiver Equipment; Res. MSC.112(73), 2000

[3.1.6] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Deutscher Funknavigationsplan, 2005

[3.2.1] IMO: Carriage requirements for shipborne navigational systems and equipment, SOLAS, Chapt. V, Reg. 19, 2008

[3.2.2] IMO: SOLAS Chapt. V, HSC-Code, Annex 19, 2008

[3.2.3] Majohr, J.; Cramer, S.; Nobst, K.; Uhlig, L.: Leitfaden der Navigation – Technische Systeme, Transpress Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1979

[3.2.4] DIN 13312: Navigation – Begriffe, Abkürzungen, Formelzeichen, Symbole, Beuth-Verlag, Berlin 2005

[3.2.5] IMO: Performance Standards For Gyro-Compasses, Res. A.424(XI), 1979

[3.2.6] IMO: Performance Standards For Gyro-Compasses For High-Speed Craft, Res. A.821/19, 1995

[3.2.7] IMO: Magnetic Compasses, Carriage and Performance Standards, Res. A.382(X), 1977

[3.2.8] IMO: Performance Standards for Marine TMHDs, Res. MSC.86(70) Annex 2, 1998

[3.2.9] IMO: Performance Standards for Marine THDs, Res. MSC.116(73), 2000

[3.2.10] ISO 8728: Marine gyro-compasses, 1997

[3.3.1] IMO: Performance Standards For Echo-Sounding Equipment, Res. MSC.74 (69) Annex 4, 1998

[3.3.2] IMO: Performance Standards for Devices to Measure and Indicate Speed and Distance, Res. MSC96 (72), 2000

[3.3.3] Mansfeld, W.: Satellitenortung und Navigation, 2. Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden 2004

[4.1.1] Hecht, H.; Berking, B.; Büttgembach, G.; Jonas, M.: Die Elektronische Seekarte, Wichmann-Verlag, Heidelberg 1999. ISBN 3-87907-303-1

[4.1.2] Hecht, H.; Berking, B.; Jonas, M.; Harper, J.: The Electronic Chart, 4th edition, Geomares Publishing, Lemmer (NL) 2016, ISBN/EAN 978-90-806205-8-2

[4.1.3] Becker-Heins, R.: ECDIS Basics – A Guide to the Operational Use of Electronic Chart Display and Information Systems. Geomares Publ., Lemmer (NL) 2014.

[4.1.4] IMO: Performance Standards for ECDIS, Res. 232(82), 2006

[4.1.5] IHO: S-66 Facts about Electronic Charts and Carriage Requirements, Ed. 1.0.0, 2010

[4.1.6] PMOU, 2014: Guidance for Port State Control Officers Checking Compliance of ECDIS. Port State Control Committee Instruction 47/2014/15. The Hague

[4.1.7] IMO: International Convention on Standards for Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW-Übereinkommen). Manila Amendments (2010). Regel I/14 und II/1 & II/2

[4.1.8] IMO: Model Course 1.27: The Operational Use of ECDIS, 2012 edition.

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

[4.1.9] IMO: International Safety Management (ISM) Code. 2014 edition. Sections 6.3 und 6.5

[4.2.1] IMO: Performance Standards for Radar Equipment, Res. MSC.192(79), 2004

[4.2.2] IMO: Guidelines for the Presentation of Navigation-related Symbols, Terms and Abbreviations, SN/Circ.243, 2004

[4.2.3] IMO: Performance Standards for the Presentation of Navigation-related Information, Res. MSC.191(79), 2004

[4.2.4] IMO: Interim Guidelines for the Presentation and Display of AIS Target Information, SN/Circ. 217, 2001

[4.2.5] National Imagery and Mapping Agency: Radar Navigation and Maneuvering Board Manual; Pub 1310, 7th ed., 2001

[4.2.6] IMO: Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (Colregs), 1972

[4.2.7] Bole, A.; Dineley, W. O.: Radar and ARPA Manual, Butterworth Heinemann, 2nd ed., Amsterdam/Boston 2005

[4.2.8] Ohlrogge, E.: Angewandte Radarkunde, DSV-Verlag, Hamburg 2001

[4.3.1] IMO: „Recommendation on Performance Standards for an Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS)"; Res. MSC.74(69) Annex 3, 1998

[4.3.2] IMO: „Guidelines for the onboard operational use of Shipborne Automatic Identification Systems (AIS)"; Res. A.917(22), 2001

[4.3.3] IMO: „Guidelines for the installation of a Shipborne Automatic Identification System (AIS)"; SN/Circ.227, 2003

[4.3.4] IMO: „Guidelines for the presentation of navigation-related symbols, terms and abbreviations"; SN/Circ.243 rev.1, 2014

[4.3.5] UN/LOCODE siehe http://www.unece.org/cefact/locode/service/main.htm

[5.1.1] Majohr, J.: Mathematisches Modellkonzept für Kurs- und Bahnregelstrecken für Schiffe, Schiffbauforschung, S. 75–89, Rostock 1985

[5.1.2] DIN EN ISO 11674: Selbststeueranlagen, Beuth-Verlag, Berlin 2002

[5.1.3] Markert, M.; Buch, T.: Hand- und Selbststeueranlage HSA 5 – eine neue Generation, Ortung und Navigation, H.2, S. 231–244, Düsseldorf 1992

[5.1.4] IMO: Performance Standards for Heading Control Systems, Res. MSC 64(67) Annex 3, 1996

[5.1.5] IMO: Use of Heading and/or Track Control Systems, SOLAS Chapt. V, Reg. 24–26, 2008

[5.1.6] Nomoto, K. u. a.: On the steering qualities of ships, I. S. P., Rotterdam 1957

[5.1.7] Benedict, K.; Wand, C. (Hrsg.): Handbuch Nautik II, Technische und betriebliche Schiffsführung, DVV Media Group GmbH/Seehafen Verlag, Hamburg 2011

[5.1.8] Majohr, J.; Otte, W.-D.; Puls, D.; Papenfuß, H.: A coordinated concept on the system identification of steered ships and ship models, Schiffbauforschung 27, 1/1998, S. 28–37, Rostock

[5.2.1] IMO: Performance Standards for Track Control Systems, Resolution MSC.74(69) Annex 2, 1998

[5.2.2] IEC 62065: Bahnregelungssysteme, Betriebs- und Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und geforderte Prüfergebnisse, Deutsche Fassung EN 62065:2014

[6.1.1] IMO: Revised Performance Standards for Integrated Navigation Systems. Resolution MSC.252 (53), 2007

[6.1.2] IMO: Performance Standards for Bridge Alert Systems (BAM) MSC.302(87)

[6.2.1] IMO: International Convention for the Safety of Life At Sea (SOLAS), 1974

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

[6.2.2] IMO: Report of the Maritime Safety Committee on its 85th session. MSC 85/26, 2008

[6.2.3] IMO: Report of the Subcommittee on Navigation Communications and Search and Rescue to the Maritime Safety Committee. NCSR 1/28, 2014

[6.2.4] IMO: Report of the Maritime Safety Committee on its 95th session. MSC 95/22, 2015

[6.2.5] IMO: High-Level Action Plan of the Organization and Priorities for the 2016–2017 Biennium Resolution A.1098(29), 2015

[6.2.6] Motz, F.; Holder, E.; Horoufchin, H.: Safety relevant information objects for INS (SINFO). Final Report for the Ministry of Transport, Building and Urban Affairs. Wachtberg Fraunhofer FKIE, 2013

[6.3.1] IMO: Performance Standards for Shipborne VDRs; Res. MSC.861(20): 1997

[6.3.2] IMO: Adoption of Revised Performance Standards for Shipborne VDRs; Res. MSC.333(90): 2012

[6.3.3] IMO: Performance Standards for Shipborne S-VDRs; Res. MSC.163(78): 2004

[6.3.4] IMO: Adoption of Amendments to the Performance Standards for Shipborne VDRs and Performance Standards for Shipborne S-VDRs; Res. MSC.214(81): 2006

[7.4.1] Korte, H.; Köckritz, O.; Kurowski, M.: Precise Maneuver Planning for Berth-to-Berth Navigation of Modern Ships. In: at – Automatisierungstechnik, Band 63, Heft 5, April 2015, S. 368–379, ISSN 0178-2312

[7.6.1] Benedict, K.; Wand, C. (Hrsg.): Handbuch Nautik II, Teil A Technische Schiffsführung. Kap. 4, Seehafen-Verlag, Hamburg, 2011, ISBN 978-3-87743-826-8

[7.6.2] Kirchhoff, G.: Über die Bewegung eines Rotationskörpers in einer Flüssigkeit. Crelles Journal, No. 71, 1869, S. 237–273

[7.6.3] Korte, H.; Stuppe, S.; Wesuls, J.-H.; Takagi, T.: Application of the Inertia Value Transformation to Simulate the Transfer Scenario of Service Staff from a Crew Transfer Vessel to Offshore Wind Turbines. Proc. 12th DEMaT, Aberdeen (UK), Oct. 27th 2015. In: Paschen; O´Neill; Ivanovic´ (eds.): Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems. Vol. 9, Shaker Verlag, Aachen, 2015, S. 227–237, ISBN 978-3-8440-3955-9

[7.6.4] Korte, H.: Modellbildung, Simulation und Bahnregelung eines Systems „Schiff-Schleppkabel-Unterwassergeräteträger“. Dissertation, Universität Rostock und Tectum Verlag, Marburg, 2000, ISBN 3-8288-8155-6

[7.6.5] Korte, H.: Bahnregelungskonzept traversierfähiger Schiffe. In: Schiff & Hafen, Heft 4, DVV Media, Hamburg, April 2007, S. 14–19

[7.6.6] Fossen, T. I.: Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. – J. Wiley & Sons, Chichester (UK), 2011, ISBN 978-1-119-99149-6

[7.6.7] Koschorrek, P.; Siebert, C.; Haghani, A.; Jeinsch, T.: Dynamic Positioning with Active Roll Reduction using Voith Schneider Propeller. In: IFAC-PapersOnLine 48–16 (2015), S. 178–183

[7.6.8] Auestad, Ø. F.; Perez, T.; Gravdahl, J. T.; Sørensen, A. J.; Espeland, T. H.: Boarding Control System – for Improved Accessibility to Offshore Wind Turbines. In: IFAC-PapersOnLine 48-16 (2015), S. 229–234

[8.1.1] Brauner, R.; Herrmann, B.; Nafzger, H.-J.: Wetter auf See, Bielefeld 2014

[8.1.2] Meyers Lexikonredaktion: Meyers Kleines Lexikon der Meteorologie, Mannheim/Wien/Zürich 1987

[8.1.3] Liljequist, G. H.; Cehak, K.: Allgemeine Meteorologie, Berlin 1984

[8.1.4] Ahrens, C. D.: Meteorology Today, Belmont 2015

[8.1.5] The United Kingdom Hydrographic Office, NP100 Mariner’s Handbook, Taunton 2015

[8.2.1] Deutscher Wetterdienst (DWD): Leitfaden Nr. 8, Synoptische Meteorologie, Offenbach 1990

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

[8.2.3] World Meteorological Organization (WMO): Coastal Winds – Marine Met. and Related Ocean. Activities Report No. 21, WMO-TD-No. 275, Genf 1988

[8.3.1] Nieuwolt, S.; McGregor: Tropical Climatology, Wiley 1998

[8.4.1] King, J. C.; Turner, J.: Antarctic Meteorology and Climatology, Cambridge 1997

[8.4.2] Rassmussen, E. A.; Turner, J.: Polar Lows, Cambridge 2003

[8.4.3] Turner, J.; Pendlebury, S.: The International Antarctic Weather Forecasting Handbook, Cambridge 2004

[8.4.4] Ostreng, W.; Eger, K. M.: Shipping in Arctic Waters, Chichester 2013

[8.5.1] Meteorological Office: The Marine Observer's Handbook, London 1995

[8.5.2] Autorenteam Seewetteramt: Wetter an Bord, Hamburg 2005

[8.5.3] United Kingdom Hydrographic Office (UHKO): Admiralty List Vol 5, GMDSS

[8.5.4] Rodewald, Martin: Fax Primer, Kiel 1972

[8.6.1] Brauner, R.; Dentler, F.-U.; Kresling, A.; Seifert, W.: Strom, Seegang, Gezeiten, Hamburg 2003

[8.6.2] Dietrich, G.; Kalle, K.; Krauss, W.: Allgemeine Meereskunde, Stuttgart 1992

[8.6.3] Osborne, A.: Freak waves in Random Oceanic States, Phys. Review Letters, USA 2001

[8.6.4] Rosenthal, W.: Rogue waves – Forecast and impact on marine structures, WP1/EU-Projekt, Hamburg 2002

[8.6.5] World Meteorological Organization (WMO): Guide to Wave Analysis and forecasting, Genf 1998

[8.6.6] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie: Atlas der Gezeitenströme in der Deutschen Bucht, Hamburg 1983

[8.6.7] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie: Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die britischen Gewässer, Hamburg 1963

[8.6.8] World Meteorological Organization (WMO): Sea-Ice Nomenclature. WMO-No.259, Genf 1970

[8.7.1] World Meteorological Organization (WMO): Operational Techniques for Forecasting Tropical Cyclone Intensity and Movement, WMO-No. 528, Genf 1976

[8.7.2] World Meteorological Organization (WMO): World Weather Watch, Hurricane Operational Plan, WMO-No. 524, Genf 1985

[8.8.1] Müller, J.; Krauss, J.: Handbuch für die Schiffsführung, Band I, Teil A, Berlin 1983

[8.8.2] Scharnow, U.; Berth, W.; Keller, W.: Maritime Wetterkunde, Berlin 1991

[9.1] Cockcroft; Lahmeijer: A Guide to the Collision Avoidance Rules, Oxford (UK) 6. A. 2004/2007

[9.2] Van Dokkum; Klaas: Ship Sailing Rules, Enkhuisen (Niederlande) 2005

[9.3] Farwell, R. F.: Farwell´s Rules of the Nautical Road, Annapolis, Maryland (USA) 2005

[9.4] Gilbert; W. L.; Parker, J. C.: Managing Collision Avoidance at Sea, London 2007

[9.5] Graf; Steinicke: Seeschiffahrtsstraßen-Ordnung, Bielefeld, 4. A. 2009

[9.6] Hilgert; Schilling: Kollisionsverhütung auf See (Teil 1), Rostock 1992

[9.7] Marsden on Collisions at Sea, London 12. A. 1997/2003

[9.8] Weber, H.: Zum Begriff „sichere Geschwindigkeit" in der Nebelfahrt, Hansa 1984, S. 1628

[10.1.1] IMO: Amendments to the 1974 SOLAS Convention concerning Radiocommunications for the Global Maritime Distress and Safety System, London 1989

[10.1.2] BSH: Handbuch Nautischer Funkdienst, jährlich

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

[10.1.3] The United Kingdom Hydrographic Office: Admiralty Lists of Radio Signals, Volume 1 – 6, Taunton, Somerset, jährlich

[10.1.4] BSH: Internationales Signalbuch (ISB), amtliche Ausgabe 1969, 1995

[10.1.5] Waugh, I: The Mariner‘s Guide to Marine Communications, 2nd edition, London 2007

[10.1.6] Lees, G.; Williamson, W.: Handbook for Marine Radio Communication, 6th edition, London 2015

[10.3.1] BSH: IMO Standard Marine Communication Phrases (IMO-SMCP), deutsch/englische Fassung, 2003

[10.3.2] IMO: Standard Marine Communication Phrases, Resolution A1.918(22), London 2002

[10.3.3] Deutsche Bundespost Telekom: Handbuch Seefunk, 6. Ausgabe, Bonn 1994

[10.3.4] International Telecommunication Union (ITU): Manual for use by the Maritime Mobile and Maritime Mobile-Satellite Services, edition 2013, Genf 2013

[10.4.1] IMO: Manual on the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS Manual), 2013 edition, London 2013

[10.4.2] IMO: NAVTEX Manual, 2012 edition, London 2012

[10.4.3] IMO: International SafetyNET Manual, 2012 edition, London 2012

[10.4.4] Inmarsat Customer Services: Inmarsat Maritime Communications Handbook, Issue 4, London 2002

[11.1.1] IMO: Resolution A.852(20) „Guidelines for Vessel Traffic Services“

[11.1.2] EU: Richtlinie 2002/59/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates

[11.1.3] IALA: VTS Manual Edition 2012

[11.1.4] BMVI: Seeschifffahrtsstraßen-Ordnung (SeeSchStrO) § 2 Abs. 1 Nr. 22 in der Fassung vom 22. Oktober 1998, zuletzt geändert durch Artikel 2 § 3 der Ersten Verordnung zur Änderung der Binnenschiffsuntersuchungsordnung und sonstiger schifffahrtsrechtlicher Vorschriften vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I Seite 2802)

[11.1.5] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie: VTS Guide Germany, 9th edition, 2012

[11.2.1] American Pilots’ Association, Navigation and Technology Committee: Portable Pilot Unit: A Best Practice Summary, USA 2008

[11.2.2] Bundeslotsenkammer, PIA-Gruppe: Mindeststandards und verbindliche technische Anforderungen für die im Aufsichtsbereich der GDWS, Ast. Nord und Ast. Nordwest eingesetzten Portable Pilot Units (PPU), Hamburg 2015

[11.2.3] Alexander, Lee; Casey, Michael J.: Use of Portable Pilot Units by Maritime Pilots, Center for Coastal and Ocean Mapping, Paper 424, New Hampshire 2008

[11.2.4] DIN EN 60945: Navigations- und Funkkommunikationsgeräte und -systeme für die Seeschifffahrt – Allgemeine Anforderungen – Prüfverfahren und geforderte Prüfergebnisse (IEC 60945:2002); Deutsche Fassung EN 60945:2002, Beuth-Verlag, Berlin 2003

[11.2.5] DIN EN 60529: Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) gegen Fremdkörper und Wasser, Beuth-Verlag, Berlin 2014

[11.2.6] Europäische Kommission: Deutsche Sprachfassung der ATEX-Leitlinien, 4. Ausgabe, Brüssel 2012

[11.2.7] MIL-STD-810G: Department of defense test method standard: environmental engineering considerations and laboratory tests, Washington D.C. 2008

[11.2.8] IMPA: IMPA on Pilotage, Appendix 4 – Guidelines on Design and Use of Portable Pilot Units, Witherby Seamanship International Ltd, Edinburgh 2014

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Stichwortverzeichnis

A
Ablenkspur 176
Ablenkung der Magnetnadel 62
Ablenkungskurve 125
Ablenkungstabelle 125
Ablenkungswinkel 287
Abstandsmessung zwischen Schiff und Objekt 69
Abstrahlwinkel 135
Abweitung 51
Adaptive Regelung 228
Adaptive Steuerung 228
Adaptives nichtlineares Tiefpass-Filter 226
ADCP-Strömungsprofilsensor 134
Admirality List of Lights and Fog Signals 87, 88
Admirality Raster Chart Service (ARCS) 145
Admiralty Sailing Directions 86, 88
Admiralty Tidal Stream Atlases 85
Admiralty Tide Tables (ATT) 80
AFC, Automatic Frequency Control 182
Agulhasstrom 308
AIS 197
AIS-Aussendungen 213
AIS Class B 220
AIS-Komponenten 211
AIS Ship Report 213
AIS-Tracking 203
AIS-Zielkategorien 216
AIS-Zugriffsverfahren 210
Aktivierte Sollbahn 234
Alarmierungssysteme 395
Alert-Eskalierung 243
Alert-Management 242
Alerts 242
Alter der Gezeit 77
Altocumulus castellanus 288
Analysekarten 297
Anemometer 268
Aneroidbarometer 264
Anfangs- und Endkurs 57
Ankern 367
Anrufvorbereitungen 383
Anschlussort 79
Ansteuerungstonne 44
Anti Clutter Rain 164, 184
Anti Clutter Sea 164, 183
Antizyklone 283
Äquatorialer Gegenstrom 308
ARCS, Admiralty Raster Chart Service 145
Area calls 400
ARPA 200
Aufgaben des wachhabenden Offiziers (OOW) 18
Aufgaben im Brückenteam 17
Aufgabenverteilung im Rahmen des BRM 16
Aufstellungsfehler eines Kreiselkompasses 64
Auftriebswasser 310
Ausguck 338
Ausläufer von Warm- und Kaltfront 277
Auslegersonde 137
Auslegung der allgemeinen Rechtsbegriffe 332
Ausweichmanöver 323
Automatic Frequency Control (AFC) 182
Automatic Identification System (AIS) 210
Automatic Radar Plotting Aid 200
Automatic Tracking Aid 200
Automatische Bahnregelung 227
Autonomous Underwater Vehicles (AUV) 257
Autopilot 222
Auto-Position-Modus 256

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

AutoSurge-Funktion 257
AutoSway-Funktion 257
Autotrack-Modus 257
AutoYaw/AutoHeading-Funktion 257
Azimut 92, 98, 102
Azimutale Auflösung 172
Azimutalprojektion 48

B
Back-up 141
Back-up navigator alarm 235
Bahnkontrolle 26, 39
Bahnplanung 230
Bahnregelung 159, 230, 240
Barisches Windgesetz 266
Barometer/-graphen 264
Beaufortskala 268
Behinderungsverbot 332, 341, 342, 351
Beidou 116
Beobachteter Ort 68
Berichtigungen der Navigation 89
Berichtigung von elektronischen Kartendaten 147
Beschickung für Strom 65
Beschickung für Wind 64
Beschleunigungsfehler 124
Beschleunigungsfehlerberichtigung (schwerer Kreisel) 122, 123
Beschränkt Gültige Betriebszeugnis 372
Beschränkt Gültige Funkbetriebszeugnis 372
Besteckrechnung nach Mittelbreite 51
Besteckrechnung nach vergrößerter Breite 53
Besteckversetzung 72
Betonnungssysteme 43
Bezugsort (Standard Port) 79
Bezugssysteme, geografische 87, 112
Black Box 159
Bleib-weg-Signal 368
Blindsektoren 175
Blocking-Effekt 135
Bodeneffekt 351
Bodenreibung 267
Bodenwetterkarten 297
Böenfronten 289
Böenwalze 286
Bora 285
Bow Crossing Range (BCR) 197
Bow Crossing Time (BCT) 197
Brechungsindex 173
Breitenparallele 46
Breitenunterschied in Bogenminuten 51
Bridge Order Book des Kapitäns 18
Bridge Procedure Guide 11
Bridge Procedures 161
Bridge Resource Management (BRM) 11, 12, 16
Bridge Team Management (BTM) 11
Brückenorganisation 12
Brückenprozedur 161
Brückenteam 16

C
Canadian Ice Service 316
Chart datum 112
Chart Radar 141, 208
Checklisten für eine sichere Seewache 14
Cirrusbewölkung 279
Clean sweep 184
Clear scan 184
Closest Point of Approach (CPA) 195
Cloud cluster 317
Cold, warm eddies 308
Consistent common reference system 240
Consistent Common Reference System (CCRS) 113
Corioliskraft 266
COSPAS-SARSAT-System 398
Course Up-Modus 180

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Cross track distance (CTD) 231
Cross Track Limit 156, 159
Cut-off-Effekt 275

D

Datenintegrität 240
Dauerruder 225
Deklination 92
DGPS-Korrektur 113
Dienstbehelfe 375
Differentialanteil 225, 228
Differenzial-GPS (DGPS) 105
Diffuse Reflexion 169
Display Category 149, 150
Display-Kategorien 150
Doppel-Horizontalwinkelmessung 72
Doppelpeilung 71
Dopplereffekt 130, 133
Doppler-Fahrtmessanlagen 133
Doppler-Frequenzverschiebung 130, 137
Dopplerlogge 133
Doppler-Sonar-Dockingsystem 134
DP-Capability 258
DP-Klassen 254
Drehfähigkeit 224
Drehkreistest 224
Drehradius 222
Drehrate 222
Drehraten- oder Radiusregelung 227
Dringlichkeitsmeldungen 392
Dringlichkeitsverkehr 411
Dringlichkeitszeichen 392
Druckgradientkraft 265
DSC-Betrieb 403, 411
DSC-Seefunkanlagen 377
Ducting 174
Dünung 303
Düseneffekt 286
Dynamic Positioning (DP) 253
Dynamic Positioning Operator (DPO) 253
Dynamische Positionierungssysteme 253

E

Easterly Wave 293, 317
Ebbe 79
Ebenes Kursdreieck 52
ECDIS 138, 139
ECDIS, Grenzen von 152
ECDIS-Alarm 158
ECDIS-Alarme 157
ECDIS-Ausrüstungsvorschriften 140
ECDIS-Funktionen 148
ECDIS Training 162
ECDIS Voyage Recording 159
ECDIS-Zertifikaten 162
Echo averaging 184
Echo enhancement 184
Echo expansion 184
Echoanzeigen, indirekte 175
Echogramm 132
Echo streching 184
ECS (Electronic Chart System) 139
EGC-Empfänger 382
Egg Code 314
Eingeschränkte Sicht 337
Einschalten des Echolots 38
Einschwingzeit 121, 124
Einschwingzustand 124
Einzel-Gefahrentonne 45
Eisberg 314
Eisbildung 312
Eisbrei 312
Eiskarten 314
Ekman-Spirale 309
Electronic Bearing Line (EBL) 185
Electronic Navigational Charts (ENCs) 142
Electronic Plotting Aid 200
Elektromagnetische Fahrtmessanlage 135

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Elektronische Kreiselkompasse 120
Emsmündung 359
e-Nav 246, 247
E-Navigation 245
ENC (Electronic Navigational Chart) 139
ENCs 139, 151
ENC Updating 147
ENC Usages 144
ENC-Verschlüsselung 148
ENC-Versorgung 147
Enges Fahrwasser 342
Entgegengesetzte Kurse 347
EPIRB 409
Erfassung, automatische von Radarzielen 203
Etesien 285
Extremwellen 306

F
Fahrbare Viertel 324
Fahrenheit 269
Fahrrinnen 342
Fahrt durchs Wasser 66, 134, 135
Fahrtfehler 63
Fahrtfehlerberichtigung 122
Fahrtfehlerberichtigung, automatische 122, 123
Fahrt über Grund 66, 135
Fahrwasser 362
Faksimile 297
Falldauer 79
Fallwinde 285
Fangleine 410
Faseroptik-Kreisel 127
Fehlalarme 412
Fehlerdreieck 74
Fehler durch Blasenbildung 133
Fehlerkreis 110
Fehlweisung 61, 122
Fernmeldegeheimnis 376
Festeis 313
Fetch 304
Feuer in der Kimm 69
Fischende Fahrzeuge 337, 345
Flachsonde 136
Flüssigkeits-(Fluid-)kompass 126
Flüssigkeitslager, hydrodynamische 120
Flut 79
Fluxgate-Kompass 126
Follow-Target-Modus 257
Freak waves 306, 309
Freier Kreisel 121
Freiheitsgrade 260
Frequenzen des GMDSS 402
Frontgewitter 289
FTC-Einstellung 411
FTC-Regler 164, 184
Funkausrüstung 371
Funkfernschreibverfahren 378, 406
Funkinterferenz 114
Funkstellen 373
Funktagebuch 414

G
Gain 164, 182
GALILEO 115
Gefahr 335
Gefahr eines Zusammenstoßes 339
Gefährliches Viertel 319
Gegenruder 225
Genauigkeitsstaffelung 74
Genauigkeit terrestrischer Ortsbestimmungsverfahren 72
Generic ECDIS Training 162
Geografische Breite und Länge 46, 47
Geostrophischer Wind 267
Geostrophisches Windlineal 298
Gesamtbeschickung 97

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Geschwindigkeit, sichere 339, 352, 366
Gewitter 288
Gezeiten 74, 310
Gezeitenerzeugende Kräfte 75
Gezeitenstromatlanten 85
Gezeitenströme 74, 85
Gezeitentafeln 86
GFS 301
Gierfilter 226
Gipfeleisberge 316
GLONASS 116
GMDSS-Betrieb 401
GMDSS (Global Maritime Distress and Safety Systems) 395
Gnomonische Projektion 48
Golfstrom 308
GPS 104
GPS-Empfänger 107, 109
GPS-Fehlereinflüsse 113
GPS-Genauigkeit 109
Grenze von ECDIS 153
GRIB-Daten 300
Großkreis 48
Großkreiskarte 60
Großkreisrechnung 55
Group calls 400
Growler 316
GTS (Global Telecommunication System) 296
Güter, gefährliche 362

H

Halbmonatliche Ungleichheit der Gezeit 76
Halbtägige Gezeiten 311
Halo 279
Hand-Automatik-Schalter 223
Handbuch für Brücke und Kartenhaus 86, 88
Handsprechfunkgeräte 378
HDOP (Horizontal Dilution of Precision) 111
Head Up-Modus 180
Hecksee 41
Hektopascal 264
Hochdruckgebiet 273, 282
Hochnebeldecke 284
Hoch- und Niedrigwasser 76
Hochwasserhöhe 79
Hochwasserzeit 79
Höhentrog 275
Höhenwinkelmessung 69
Horizontal-ADCP 134
Horizontalwinkelmessung 70
Horizontindikator 121
HPR-Transponder 257
Hydrodynamisches Flüssigkeitslager 120

I

IALA (International Association of Lighthouse Authorities) 43, 45
Ideales Tief 276
Identifizierung von Steuerparametern 224
IMCA (International Marine Contractors Association) 253
Impulsdauer 166
Impulsfolgefrequenz 167
Impulskompression 168
Impulslänge 166, 182
Impulsperiode 167
Indexbeschickung 93
Indirekte Echoanzeigen 175
Info-Display 418
Inklination 125
Inmarsat B 379
Inmarsat C 379
Inmarsat Fleet 77 380
Inmarsat Mini C 380
INS 148
Integralanteil 225, 228
Integrierte Navigationssysteme (INS) 128, 238

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Integrierte Positionsempfänger 116
Integrity monitoring 112, 115
Interference Rejection 177, 184
Interswitch 179
Intertropische Konvergenzzone 291
ISB 375
Isobaren 265
Isobarendrängung 280
Isogonen 61
Isohypsen 275
Istruderwinkel 223

J
Jetstream 275
Joystick-Modus 256

K
Kalman-Filter 262
Kaltfront 276, 277
Kaltwassernebel 271
Kanal 16 386
Kanarenstrom 307
Kapeffekt 287
Kardanische Aufhängung 117, 120, 126
Kardinalzeichen 45
Karte 1 (INT 1) 86
Kartendatenstandard 139
Kartendatenstandards S-52 139
Kartendatenstandards S-57 139
Kartendatenstandards S-63 139
Kartentiefe 79
Kaskaden-Bahnregelung 230, 231
Katabatische Winde 295
Kaventsmann 306
Kennung von Leuchtfeuern 42
Kinematische Gleichungen 260
Kippfehler 93
Kirchhoff'sche Bewegungsgleichungen 260
Klimarouten 326
Klima-, Witterungs- und Wetternavigation 325
Kollisionsgefahr 355
Kollisionsrisiko 339, 349
Kollisionsverhütungsregeln 359
Kompass 117
Kompasskontrolle 63, 102
Kompasskurs 61
Kompassregulierung 125
Kompassrose 61
Konfiguration 108
Konvergenz 287
Koordinatensystem 91
Koppelort 68
Korrelation 166
Kräftefreie Kreisel 117
Kreisel mit Dämpfungseinrichtung 119
Kreisel-A 64, 121, 122
Kreiselkompass 63, 117, 119, 121
Kreiselkompassfehlweisung 122
Kreiselkompasskurs (KrK) 117
Kreiselkugel 120
Kreiselpräzession 117
Kreisel-R 122
Kreuzpeilung 71
Kreuzsee 303
Kritische Kursänderungen 199
Kugeldreieck 56
Kugelkompasse 126
Kurs durchs Wasser 65
Kursabweichungsalarm 228
Kurs über Grund 65
Kursbeschickung 60
Kursgleiche 47
Kurshalter 348
Kursmessanlagen 117
Kursregeleinrichtung 223
Kursregelkreis 222
Kursregelstrecke 223
Kursregelung (Heading control) 222, 227

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Kursübertragungseinrichtung 126
Kursüberwachungsalarm 229
Küstenmeer 332, 360
Küstenverkehrszonen 345

L

Lagebildauswertung 418
Lagebilderstellung 416
Landradarberater 35, 38
Land-Seewind-Zirkulation 290
Landwind 290
Längenunterschied in Bogenminuten 51
Lateralsystem 44
Leg Offset 258
Leitfeuer 43
Leuchtfeuer 42
Leuchtfeuerverzeichnisse 88
Long pulse 171, 182
Look-ahead-Alarm 157
LORAN-C 116
Lotse 331
Lotsenanschluss 212
Lotsenkarte 37, 39
Lotsenübernahme 27, 34
Lotung 70
Loxodrome 47
Loxodromisches Kugeldreieck 52
Luftdruck 264
Luftdruckabfall 279
Luftdruckmessung 265
Luftdrucktendenzen 279
Luftfeuchte 270
Luftmassengewitter 288
Luftmassengrenze 274
Luftsäule 264
Lufttemperatur 269

M

Magnetisches Erdfeld 125
Magnetkompass 117, 124
Magnetkompassablenkung 125
Magnetkompasskurs 125
Magnetkompass-Nord 125
Magnetron 163
Manövrierbehindert 337, 351
Manövrierunfähig 337, 351
Manövrierunterlagen auf flachem Wasser 39
Mariner's Handbook (NP100) 88
Maritime Verkehrssicherung 362
Markante Tröge 280
Maschinenfahrzeuge 337
Matched-Filter-Korrelation 168
Mayday Relay 392
Medium pulse 171, 182
Meereis 312
Meeresströmungen 307
Mehrfachecho 176
Mehr-Kompasssysteme 128
Mehrweg-Empfang 113
Meltemi 285
Mercator-Karte 50
Meridiane 46
Meridianschnittpunkte 58
Meridiansuchendes Kreiselsystem 117
Messbereich (Range) 183
Meteorologische Begriffe 300
Meteorologische Einflüsse 78
Meteorologische Reiseplanung 325
Minimum steering speed 37
Mischsegeln 58
Missweisend Nord 125
Missweisender Kurs 125
Missweisung 61
Mistral 284
Mittelbreite 52
Mittzeit 77

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

MKD 212
Monatskarten 296, 308, 325
Mondtag 76
Monsun 292
Motion Prediction 258
Motion Reference Unit (MRU) 255
Mutterkompass 119

N

Nachlauffehler 207
Nachleuchtschleppen 189, 194
Nachrichten für Seefahrer (NfS) 89
Nahauflösung eines Ziels 131
Nahbereichslage 353
Nahechodämpfung 183
Navigation Control data 241
Navigations-Echolote 130
Navigieren mit einem Lotsen an Bord 35
NAVTEX 299, 382, 399
Nebenkeulen 176
Nebenkeuleneffekte 411
Nebenzipfelechos 176
Nenntragweite 42
Niedrigwasserhöhe 79
Niedrigwasserzeit 79
Nilas 312
Nippzeit 77
NOAA 145
Nomogramm 299
Nomoto-Kursmodell 223
Nordäquatorialstrom 307
Nordatlantikstrom 307
Normalatmosphäre 173
North Up-Modus 180
Notalarmierung, Notmeldung und Notverkehr 408
Notices to Mariners (NTM) 87, 89
Notverkehr 389, 390, 404
NT-Radar 167
Nullmeridian 47

O

Objekt-Attribut-Struktur 143
Objekt-Geometrie-Bezug 143
Ocean Passages 326
Off-course Limit 159
Officer Of the Watch/ wachhabender Offizier 12
Off-track Alarm 155
Off-track-Alarm 157
Okklusion 277
Ökonomie 228
Optimale Route 327
Ort aus zwei Höhen 95
Orten 353
Orthodrome 48
Ortsbestimmung 70
Ortungsreichweite 129
Override Tiller 227
Override-Funktion 236, 241
Overscale 151, 156, 157

P

Packeis 313
Pampero 286
Parallel Indexing 186
Parametereingabe 108
Passate 291
Past Positions 189
Past Tracks 156
Peilung 68
Permit 138, 147, 148
PI-Bahnregler 232
Pick Report 153
PID-Kursregler 225
Pilot Card 37, 39
Pilot Charts 296, 308, 325
Pilot Plug Adapter 423

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Plotten 189, 353
Plotthilfen 200
Polar Lows 294
Point of no Return 35
Polardiagramm 329
Polarfront 274
Polynjas 295
Portable Pilot Unit 421
Port State Control 142
Positionsfehler 160
Positionsgenauigkeit 111
Positionssensor 104
Positionsverlust 254
PPU 422, 424, 425, 426
PPU-Boxen 424
Präzision 228
Prediction 158
Presentation Library 138, 139
Presseisrücken 313
Private Kartendaten 147
Propellerlog 137
Proportionalanteil 225, 228

Q

Quellwolken 272

R

Racon 209
Radar 163
Radar maps 208
Radarabstandsmessung 185
Radarkeule 171
Radarpeilung 185
Radarreichweite 172
Radarüberlagerung 160
Radarzielen, automatische Erfassung von 203
Radiale Auflösung 171
Radiosonde 296
Radiotelex 406
Randtiefs 280
Range 183
Raster Navigational Chart (RNC) 139, 145
Raster Chart Display System 139
Rasterkarten 145
Rate of Turn (ROT) 197
Rauschgrenze 182
RCDS (Raster Navigation Chart) 139
Rechtweisender Kurs 51, 61
Reference target 204
Refraktion 172
Regelungskaskade 260
Regionale Windsysteme 284
Reguläre Reflexion 169
Reichweite von Navigations-Echoloten 131, 134
Reiseausführung 161
Reiseplan, Erstellung 33
Reiseplanung 29, 154, 161
Reiseplanung, Funktion und Ziele der 19, 28
Reiseplanung zur Lotsenübernahme 34
Reiseüberwachung 156
Relative Feuchte 270
Relative Motion 181
Remotely Operated Vehicles (ROV) 257
Revierdaten 416
Richtcharakteristik (Schallkeule) 130
Richtfeuer 43
Richtlinien für die Reiseplanung 22
Richtungskreisel 121
Richtwirkung 129, 131
RNC (Raster Navigational Chart) 139, 145
Roaring Forties 277
Rossbreiten 291
Rotation Center 258
Rotationsbezugspunkt 258
Route im Reiseplan 30
Route Monitoring 156
Routencheck 154, 155

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Routenkonstruktion 154
Routenmanagement 155
Routingprogramme 326
Routingservice 301
Rückseitenwetter 279
Ruder 223, 225
Rudergänger 367
Rudertrimm 225
Ruderwinkelbegrenzung 228
Rufnummern des mobilen Seefunkdienstes 373
Rufzeichen der deutschen SeeFust 373
Ruhekursanzeige 124
RUZ-Empfänger 223

S

Safety Contour 151, 152, 155, 156
Safety Depth 151
SafetyNET Service 400
Saffir-Simpson-Scale 323
Sanitätstransporte 394
SAR Radartransponder (SARTs) 410
SART (Search And Rescue Radar Transponder) 209, 381
Satelliten und Signale 106
Satellitenfunksysteme 397
Satellitenkompass 127
Satellitensignal 106
Satelliten-Log 137
S-Band 165, 166
Schallabsorption 129
Schallfrequenzen 129, 131
Schallgeschwindigkeit 129, 135
Schallwelle 129
Schattensektoren 175
Scheitelpunkt des Großkreises 58
Schichtwolken 272
Schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen 420
Schifffahrtspolizeilicher Vollzug 420
Schiffsdatenschreiber (VDR) 248
Schiffskurs 117
Schiffsmagnetfeld 125
Schiffsschraube, Drehen der 368
Schiffsunfall 368
Schiffszeitkonstante 224
Schleppfehler 126
Schleuderpsychrometer 271
Schlingerfehler 120, 124
Schnellalarmierung 408
Schnelleinschwingung 121
Schnittwinkel 73
Schönwetterperiode 279
Schuler-Periode 118, 123
Schwerer Kreisel 117
Scirocco 285
Secondary port 79
Seefunkzeugnisse 371
Seegang 302
Seegebiete 396
Seehandbücher 88
Seekarten 87, 424
See-Kartennull 79
Seemännische Praxis 334
Seemeile 51
Seenotfall 389
Seeschifffahrtsstraßen 359
Seeverkehrsrecht 330
Seewetterberichte 300
Seewind 290
Seezeichen 42
Segelfahrzeuge 345
Seiches 312
Selbststeueranlage 222
Selective Availability 112
Selektivrufsystem (DSC) 397
SENC (System Electronic Navigational Chart) 139
SENC-Verteilung 148

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Sendefrequenz 134
Sensorbox 423
Sensoren 423
Sextant 93
Ships-Data-Display 417
Ships-Planning-Display 417
Short pulse 171, 182
Sichere Schiffsführung 22
Sicherheitsmeldungen 394
Sicherheitsverkehr 412
Sicherheitszeichen 394
Sicherheitszone 332
Sicht, verminderte 337, 351, 363
Sichtweite 42, 271
SMCP (Standard Marine Communication Phrases) 383
SOLAS 140, 141
Solid State Radar 167
Sollruderwinkel 223
SOTDMA-Prinzip 210
Southerly Buster 286
Sphärisches Dreieck 56
Sprechfunkanruf 385
Sprechfunkdienst 382
Springverspätung 77
Springzeit 77
Squall-lines 289
Standard port 79
Standardredewendungen 383
Standlinie, astronomische 68, 99
Stationäre Hochdruckgebiete 283
Statistische Unsicherheit 109
Staudrucklog 137
STC-Einstellung 411
STC-Regler 164
STCW-Code 338
Stehende Peilung 193
Steigdauer 79
Stereografische Projektion 48
Steuerbordseite des Fahrwassers 360
Steuerparameter 224
Steuerwegwahlschalter 223
Strahlungsnebel 271
Stratosphäre 269
Stricheinteilung 61
Stromdreieck 66
Strom- und Schifffahrtspolizeiliche Verfügungen 419
Strömungskreis 307
Struktur des BRM 16
Stundenwinkel 92
Stützruder 225
Subgeostrophische Windgeschwindigkeit 267
Subrefraktion 173
Subtropenhoch 273
Supergeostrophische Windgeschwindigkeit 267
Synchronisierung 122

T

Tafel- und Gipfeleisberge 314, 316
Tägliche Ungleichheit der Gezeit 78
Target Swop 205
Target Tracking 200
TCPA (Time to Closest Point of Approach) 195
Teamleiter 12
Teamleiter und Lotse 37
Teiltief 281
Telefonie-Notalarmierung 409
Terrestrische Ortsbestimmung 68
THD (Transmitting Heading Devices) 126, 127
The Mariner's Handbook 86
Tide 79
Tidenfall 79
Tidenhub 76, 79, 312
Tidenstieg 79
Tiefausläufer 277
Tiefdruckgebiete 274

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Tiefenalarm 132
Tiefenauflösung 131
Tiefeninformationen 151
Tiefenmessanlage 130
Tiefenmessbereich 132
Tiefen- und Fahrtmessung 129
Tiefgangbehinderte Maschinenfahrzeuge 337
Tochterkompass 119
Track Offset 258
Traffic-Display 416, 417
Tragflüssigkeit 120
Tragweite von Leuchtfeuern 42
Trails 189, 194
Trainer-Funktion 256
Trial manoeuvre 198
Trichterschwimmer 120
Trog 275, 280
Trogstaffel 280
Tropen 291
Tropische Störung 293
Tropischer Orkan 293, 318
Tropischer Sturm 293
Tropischer Wirbelsturm 320
Tropisches Tief 293
Tropopause 269
Troposphäre 269
True Motion 181
Tune 164, 182
Tuning 411
Type-specific Training 162
Typische Unfallsituationen 26

U

Überholen eines Fahrzeugs 346, 364
Überholmanöver auf einem Revier 40
Umsetzung der Richtlinien für die Reiseplanung 28
Umweltdaten 416
Underscale 151, 156, 157
Unmittelbare Gefahr 340
Unterreichweite 173
Update-Liste 148
Updates 138, 140, 141, 147, 148
Urpassat 291
Usages 144, 145, 150

V

Variable Range Marker 185
Vektordaten 142
Vektoren 189
Vereisung 295
Vergangenheitspositionen 189
Vergrößerte Breite 53
Vergrößertes Kursdreieck 54
Verkehrsabwicklung im Notfall 391
Verkehrsdaten 416
Verkehrstrennungsgebiet 331, 344
Verkehrsunterstützung 35
Verkehrsunterstützungsdienst 419
Verkehrszentralen 415, 416
Verordnung zu den KVR 330
Versegelungspeilung 71
Vertical Reference System (VRS) 255
Vertikal-ADCP 134
Vertrauensgrundsatz 330
Vessel Traffic Service (VTS) 415
Vorderkante von Radarechos 168, 169
Vorfahrt 366

W

Wachdienst 333
Warmfront 276
Warmwassernebel 271
Warnnachrichten 399
Wasserflugzeug 351
Wasserhosen 290
Wasserstandsänderungen 286
Wasserstandserhöhung 312

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Wassertiefe 79, 130
Wegabhängiges Handsteuersystem 223
Wegerechtschiffe 362
Wegpunkt 230, 234
Wegpunktliste 155
Wellenbildung 274, 276
Wellenhöhe 302
Wellenlänge 129, 302
Wellenperiode 302
Westwinddrift 277
Wettergeschehen 277
Wetter/Gieren 228
Wetterkarten 297
Wetterlage 300
Wetter-Routing 327
Wetterstationen 296
Wettervorhersagemodell 298
WGS-84 112, 142, 145
Wheel-Over-Point 28, 37
White wall 306
Wiederkehr von Leuchtfeuern 42
Winddrehung 279
Windgeschwindigkeit 268
Windrichtung 28, 267
Windsee 303
Windwirklänge 304
Wirbelsturm 293, 317
Wirkdauer des Windes 304
Wirtschaftliches Fahren 327
Witterungsnavigation 326
Wolken 272
World Geodetic System 1984 112
World Meteorological Organisation (WMO) 296

X

X-Band 165, 166

Z

Zeitabhängiges Handsteuersystem 223
Zentrifugalkraft 267
Zielextraktion 201
Zielverfolgung 200
Zielvertauschung 205
Zugbahnen der tropischen Zyklone 321
Zweikreiselverbund 120
Zweistrahlverfahren (Janusprinzip) 133
Zweitauslenkungsecho 177
Zylinderentwurf 48

Persönliches Exemplar für bastianvetter@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackomedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt

Das im Jahr 2010 erstmals erschienene „Handbuch Nautik – Navigatorische Schiffsführung" ist zu einem Standardwerk der Navigation geworden. Es hat sich sowohl als praxisorientiertes Handbuch für Nautiker an Bord und für Mitarbeiter in Reedereien, Schifffahrtsbehörden und anderen schifffahrtsbezogenen Institutionen als auch als Lehrbuch und Grundlagenwerk für Lehrende, Studierende und Schiffsoffiziere in der maritimen Aus- und Weiterbildung bewährt.

Der Band **Navigatorische Schiffsführung** beschreibt die Methoden und Anwendungsmöglichkeiten der Verfahren und Geräte im Rahmen der nautischen Schiffsführung – von den notwendigen Grundlagen bis zu den möglichen Fehler- und Gefahrenquellen. Dabei werden Potenzial, Nutzungsmöglichkeiten und Grenzen der modernen technischen Navigations- und Kommunikationssysteme (beispielsweise Satellitennavigation, ECDIS, Radar, AIS) und der konventionellen Verfahren (terrestrische und astronomische Navigation) beschrieben, die im Notfall zur Verfügung stehen und beherrscht werden müssen.

Das Buch behandelt schwerpunktmäßig die Themen Schiffsführungsprozess, Navigation, Meteorologie, Seeverkehrsrecht, Maritime Verkehrsdienste und Telekommunikation – und dies sowohl für die Berufsschifffahrt als auch für die Sportschifffahrt.

Die Herausgeber und Autoren sind erfahrene Kapitäne, Hochschullehrer und Experten aus den dargestellten nautischen Bereichen.

Dank des enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgerätes mit pdf-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-87154-554-2

Persönliches Exemplar für bastian.ater@icloud.com
© GRT Global Rail Academy and Media GmbH / Trackmedia. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt